

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 4011850 A1**

⑤1 Int. Cl. 5:  
**B 60 K 41/02**  
B 60 K 23/02  
F 02 D 41/00

②1 Aktenzeichen: P 40 11 850.9  
②2 Anmeldetag: 12. 4. 90  
④3 Offenlegungstag: 18. 10. 90

DE 4011850 A1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1

17.04.89 DE 39 12 562.9 22.05.89 DE 39 16 644.9  
17.10.89 DE 39 34 541.6

⑦1 Anmelder:

LuK Lamellen und Kupplungsbau GmbH, 7580 Bühl,  
DE

⑦2 Erfinder:

Reik, Wolfgang, Dr., 7580 Bühl, DE; Maucher, Paul,  
7591 Sasbach, DE; Schulte, Louis Ferdinand, Dr.,  
7583 Ottersweier, DE; Brandner, Burkhard;  
Maciejewski, Boguslaw, 5980 Werdohl, DE; Holwe,  
Jörg, 5870 Hemmer, DE

⑤4 Verfahren zum Steuern einer zwischen einer Antriebsmaschine und einem Getriebe wirksamen automatisierten Reibungskupplung und Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie Regelung für eine Reibungskupplung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer zwischen einer Antriebsmaschine und einem Getriebe wirksamen automatisierten Reibungskupplung für wenigstens einen der Betriebszustände wie Anfahren, Schalten, Fahren, Beschleunigen, Abbremsen, Rückwärtsfahren, Parken o. dgl. bzw. von Übergängen zwischen einzelnen Betriebszuständen.

DE 4011850 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer zwischen einer Antriebsmaschine und einem Getriebe wirkenden automatisierten Reibungskupplung für wenigstens einen der Betriebszustände, wie Anfahren, Schalten, Fahren, Beschleunigen, Abbremsen, Rückwärtsfahren, Parken oder dergleichen, bzw. von Übergängen zwischen einzelnen Betriebszuständen.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zum Steuern einer automatisierten Reibungskupplung.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Regelung für das Übertragungsmoment einer Kupplung zwischen einem Motor und einem Getriebe, die in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet sowie mit der erfindungsgemäßen Einrichtung erzeugt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Einrichtung der vorerwähnten Art zu schaffen, mit denen bei optimalem Fahrkomfort ein verbrauchsgünstiger Fahrbetrieb und/oder optimale Beschleunigungen, schonender Fahrbetrieb und lange Lebensdauer des Fahrzeuges, insbesondere der Kupplung, erzielbar sind.

Der Erfindung lag weiterhin die Aufgabe der Bereitstellung einer Regelung zugrunde, die mit vernachlässigbarer Totzeit, also jeweils innerhalb der Arbeitsperiode Regelgrößen unter Berücksichtigung der Betriebsparameter für die Regelung des Übertragungsmoments einer Kupplung zur Verfügung stellt.

Dies wird gemäß einer Verfahrensvariante der Erfindung dadurch erzielt, daß zumindest für den Anfahrvorgang ein Regeleingriffspunkt der Kupplung in Abhängigkeit einer innerhalb des Antriebsstranges durchgeführten Momentenmessung und/oder einer Winkelmessung ermittelbar ist, indem die Kupplung aus einer ausgerückten Position und bei eingelegtem Gang und stehendem Fahrzeug mit definierter Geschwindigkeit bis zu einer Position geschlossen wird, bei der zwar ein Moment eingeleitet, dieses Moment jedoch geringer ist als dasjenige, durch das das Fahrzeug bewegt würde und ein bei Erreichen eines bestimmten Moments und/oder eines bestimmten Winkels entsprechender Wert, z. B. der Weg bzw. Ort der Kupplungsbetätigung, ermittelt und einem Speicher zugeführt wird, woraufhin die Kupplung zumindest teilweise wieder geöffnet wird und zwar bis zu einer definierten Warteposition, bei der die Kupplung kein Moment oder nur ein sehr geringes Schleppmoment überträgt.

Gemäß einer anderen Verfahrensvariante der Erfindung wird, zumindest für den Anfahrvorgang, ein Regeleingriffspunkt der Kupplung in Abhängigkeit einer Gradientenermittlung an drehbaren Bauteilen des Antriebsstranges ermittelt, indem die Kupplung aus einer ausgerückten Position und bei nicht eingelegtem Gang und stehendem Fahrzeug mit definierter Geschwindigkeit bis zu einer Position geschlossen wird, bei der die Getriebeeingangswelle zwar angetrieben, aber unterhalb der Motorleerlaufdrehzahl bleibt, und ein bei Erreichen eines bestimmten Zustandes, wie bei einer bestimmten Drehzahl auftretender Gradientenwert und ein zustandsabhängiger Wert, wie der Weg bzw. Ort der Kupplungsbetätigung, ermittelt und einem Speicher zugeführt werden, woraufhin die Kupplung, zumindest teilweise, wieder geöffnet wird und zwar in eine Warteposition, bei der die Kupplung kein oder nur ein sehr geringes Schleppmoment überträgt.

Die vorerwähnte Warteposition kann auch dem voll ausgerückten Zustand der Kupplung entsprechen. Auch kann der im Betätigungssystem, das hydraulisch und/oder pneumatisch ausgebildet sein kann, anstehende Druck anstelle des Weges bzw. Ortes der Kupplungsbetätigung oder zusätzlich zu diesem Weg bzw. Ort ermittelt und in dem Speicher festgehalten werden.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahren ergeben sich aus den Ansprüchen 2 und 4 bis 64, wobei einige dieser Maßnahmen bzw. Weiterbildungen für sich alleine bzw. wenigstens in Verbindung mit dem Oberbegriff der selbständigen Ansprüche erfinderisch sind.

Zur Durchführung eines Verfahrens zum Steuern einer automatisierten Reibungskupplung kann sich in besonders vorteilhafter Weise eine Einrichtung eignen, die mindestens einzelne der nachfolgend angeführten Schalt-, Meß- und Regeleinrichtungen sowie mindestens eine elektronische Einheit mit zumindest einem Rechner und Speicher zur Aufbereitung und Speicherung der von den Einrichtungen ermittelten Zustandsgrößen bzw. Impulse und zur Ansteuerung bzw. Regelung mancher dieser Einrichtungen aufweist:

- a) eine Vorkehrung zur Erfassung der Motordrehzahl, zum Beispiel in Form eines die Zähne an der Schwungscheibe abtastenden Sensors
- b) eine Vorkehrung zur Ermittlung der Getriebedrehzahl
- c) eine Vorkehrung zum Messen des Kupplungsbetätigungsweges, zum Beispiel in Form eines den Weg des Kupplungsbetätigungsgliedes, wie zum Beispiel ein hydraulischer Nehmerzylinder, erfassenden Potentiometer,
- d) eine Vorkehrung zur Erfassung der Stellung der Kraftstoffzufuhreinrichtung, zum Beispiel in Form eines die Drosselklappenstellung ermittelnden Potentiometers
- e) eine Vorkehrung zur Erfassung der Gaspedalstellung in Form zum Beispiel eines über das Gaspedal beeinflussbaren Potentiometers
- f) eine Einrichtung zur Ermittlung der Leerlaufstellung der Kraftstoffzufuhreinrichtung
- g) eine Vorkehrung zur Erkennung der Getriebestellung mit Leerlauf- und Gangerkennung
- h) eine Vorkehrung zur Schaltabsichterkennung in Form zum Beispiel eines am Getriebebeschaltelhebel vorgesehenen Sensors
- i) eine Einrichtung zur Erkennung der Drosselklappenend-Stellung
- j) eine Temperatur-Meßeinrichtung,

wobei von der Elektronik zumindest steuerbar ist

- k) eine Kupplungsbetätigungseinrichtung, wie eine hydraulische Geber- und Nehmereinrichtung
- l) eine Antriebseinrichtung für die Veränderung der Drosselklappenstellung

Weiterhin kann es zweckmäßig sein, wenn die Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens eine Drehrichtungserkennung bzw. Rollrichtungserkennung umfaßt, z. B. gemäß den Ansprüchen 67 bis 72. Eine solche Erkennung ist für die Zustände vorteilhaft, wenn der eingelegte Gang und die Rollrichtung des Fahrzeuges nicht übereinstimmen. Dies ist z. B. der Fall bei einem Kraftfahrzeug, das — mit eingelegtem ersten Gang — bergaufwärts steht, und sich bergabwärts bewegt, also

zurückrollt. Diese Erkennung kann mittels eines Sensors erfolgen. Durch das Erkennen solcher Fälle, kann eine diesem Zustand nicht entsprechende Regler-Reaktion vermieden werden. Dies kann z. B. dadurch geschehen, daß bei dem vorerwähnten Fall die ermittelte Getriebedrehzahl ein negatives Vorzeichen erhält, so daß die Regelung des für diesen Betriebszustand notwendigen Eingriffszustandes der Kupplung und damit der erforderlichen Schlupfdrehzahl korrekt erfolgt. Ohne Richtungserkennung kann es vorkommen, daß die Schlupfdrehzahl falsch berechnet wird, was ein nicht einwandfreies Regelverhalten und damit auch Eingriffsverhalten der Kupplung zur Folge hätte.

Die Aufgabe der Regelung des übertragbaren Momentes einer Kupplung wird nach der Erfindung durch folgende Merkmale gelöst:

- a) als Differenz der Motordrehzahl und der Getriebedrehzahl wird ein Ist-Schlupf ermittelt;
- b) ein Prozessor fragt periodisch Eingangsparameter, wie Kupplungsweg, Drosselklappenstellung (Last), Motortemperatur und/oder Getriebeleistung, ab und ermittelt unter Abfrage gespeicherter Kennfelder einen Soll-Schlupf und charakteristische Regelfaktoren;
- c) aus dem Differenzwert von Soll-Schlupf und Ist-Schlupf wird in einer durch die Regelfaktoren gesteuerten Regelstrecke eine Stellgröße für den Kupplungsweg gebildet.

Die Erfindung unterscheidet sich insofern vom Stand der Technik, als die Kupplung in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Motors mit einem Schlupf betrieben wird. Dadurch kann man die Übertragung von Motorschwingungen auf den Antriebsstrang weitgehend ausschalten. Außerdem ist eine Optimierung des Fahrverhaltens möglich.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 75 bis 88 angegeben.

Anhand der Fig. 1 bis 15 sei die Erfindung näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines Fahrzeugantriebes mit einer erfindungsgemäßen Einrichtung.

Fig. 2 den schematischen Aufbau einer hydraulischen Verstellereinrichtung, die bei der Einrichtung gemäß Fig. 1 verwendet wird.

Fig. 3 ein Blockschaltbild der elektronischen Regelung,

Fig. 4 ein abgewandeltes Blockschaltbild der elektronischen Regelung,

Fig. 5 Wellenformen zur Erläuterung der Drehzahlermittlung,

Fig. 6 ein Schaltbild eines drehzahlabhängigen Integrators,

Fig. 7 ein Schaltbild eines Absolutwertermittlers,

Fig. 8 ein Blockschaltbild der parameterabhängigen Steuerung eines Übertragers,

Fig. 9 ein Blockschaltbild eines P-Gliedes,

Fig. 10 ein Blockschaltbild eines I-Gliedes,

Fig. 11 ein Blockschaltbild eines D-Gliedes,

Fig. 12 Wellenformen zur Erläuterung eines Anfahrvorgangs,

Fig. 13 Wellenformen für das Regelverhalten bei einem Lastsprung,

Fig. 14 Wellenformen für einen Schaltvorgang und

Fig. 15 einen vereinfachten Datenflußplan für die Datenauswertung durch den Prozessor.

Die in Fig. 1 dargestellte Einrichtung 1 für den An-

trieb eines Kraftfahrzeuges umfaßt einen Motor 2, der über eine Kupplung 3 mit dem Getriebe 4 kraftschlüssig verbindbar ist. Das Getriebe 4 ist über einen Antriebsstrang 5 mit den Antriebsrädern 6 des Kraftfahrzeuges verbunden. Die Reibungskupplung 3 ist über einen Betätigungsmechanismus 7, der ein Ausrücklager und eine daran angreifende Gabel umfassen kann, ein- und ausrückbar. Der Betätigungsmechanismus 7 wird über ein Stellglied in Form eines hydraulischen Zylinders 8 betätigt. Der Zylinder 8 ist über eine Leitung 9 mit einer hydraulischen Verstellereinrichtung, wie ein hydraulisches Stellglied 10, verbunden, welche in Fig. 2 im prinzipiellen Aufbau dargestellt ist.

Zur Regelung des Reibungseingriffes der Kupplung 3 ist eine elektronische Einheit 11 vorgesehen, die wenigstens einen Prozessor bzw. Rechner umfaßt und die zur Regelung des Eingriffes der Kupplung 3 erforderlichen Größen verarbeitet, um über das hydraulische Stellglied 10 einen entsprechenden Kupplungseingriff einzuregeln.

Von der elektronischen Einheit 11 werden die Größen Drehzahl des Motors 2, Drehzahl der Getriebeeingangswelle 12, Stellung des Zylinders 8 und Stellung der Drosselklappe 13 (sowie erforderlichenfalls weitere Motorkenngrößen, wie Betriebstemperatur, Lufttemperatur, Abgas, Kraftstoff) erfaßt.

Die Elektroneinheit 11 wird in Verbindung mit dem in Fig. 3 gezeigten Blockschaltbild erläutert.

Die Motordrehzahl wird über einen Sensor 14 ermittelt, der zum Beispiel die Zähne 15 des auf der Schwungmasse des Motors 2 vorgesehenen Anlasserzahnkranzes abtastet.

Die Getriebedrehzahl wird über einen Sensor 16 ermittelt, der die Zähne 17 eines auf der Getriebeeingangswelle 12 vorgesehenen Zahnades abtastet.

Die Stellung der Kraftstoffzufuhreinrichtung beziehungsweise der Drosselklappe 13 wird über einen Sensor, wie einen Potentiometer 18, ermittelt.

Das Fahr- beziehungsweise Gaspedal 19 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel mit der Kraftstoffzufuhreinrichtung 13 nicht mechanisch gekoppelt, sondern über eine Stellerinrichtung, wie einen Regelkreis 20, welcher von der Elektroneinheit 11 angesteuert wird und einen elektrischen Stellmotor besitzt.

Zur Gangerkennung ist am Schalthebel 21 eine Vorkehrung 22, die zusätzlich noch eine Schaltabsichterkennung umfassen kann, vorgesehen.

Durch die in die Vorkehrung 22 integrierbare Schaltabsichterkennung, wird der elektroneinheit 11 gemeldet, ob man den Schalthebel 21 tatsächlich in die Richtung bewegt, wo der nächste logisch folgende Gang liegt. Wird der Hebel in die falsche Richtung bewegt, so darf dies auf die Elektroneinheit 11 keinen Einfluß haben, das heißt die Kupplung 3 wird nur dann geöffnet, wenn der Schalthebel 21 in die richtige Richtung betätigt wird. Eine Betätigung des Schalthebels 21 in eine nicht logische Richtung, wird also von der Elektroneinheit 11 nicht als Schaltabsicht erkannt.

Zur Ermittlung des Kupplungsbetätigungsweges beziehungsweise des Kupplungseingriffszustandes ist eine Vorkehrung zur Wegmessung (Wegaufnehmer), zum Beispiel ein Potentiometer 23, vorgesehen, welcher den Weg bzw. die Stellung des Kolbens des Stellgliedes 8 erfaßt und eine entsprechende elektrische Größe an die Elektroneinheit 11 meldet.

Anstatt den Weg bzw. die Stellung eines Kupplungsbetätigungsmittels zu erfassen, könnte auch der im hydraulischen Betätigungssystem anstehende Druck er-

mittelt und durch die elektronische Einheit 11 entsprechend verarbeitet werden. Hierfür wäre lediglich anstelle des Wegaufnehmers 23 ein Druckmesser erforderlich, der z. B. den in dem hydraulischen Stellglied 8 anstehenden Druck erfaßt und in eine entsprechende Größe umwandelt, welche an die elektronische Einheit 11 gemeldet wird. Für viele Anwendungsfälle kann es auch von Vorteil sein, wenn sowohl eine Wegmessung als auch eine Druckmessung erfolgt, wobei die Druckmessung in besonders vorteilhafter Weise für die Einregulierung des Schlupfes in der Kupplung verwendet werden kann, da für diese Einregulierung zum Teil nur sehr geringe Wege von dem Stellglied zurückgelegt werden.

Die in Fig. 2 schematisch dargestellte, hydraulische Verstellereinrichtung 10 besitzt eine über einen Elektromotor 25 antreibbare Hydraulikpumpe 26, die mit einem Ölvorratsbehälter 27 in Verbindung steht und über einen Ventilblock 28 den hydraulischen Zylinder 8 beaufschlagen kann. In dem Ventilblock 28 ist ein elektromagnetisch betätigtes 3/3 Regelventil 29 mit Rückholfeder integriert, welches von der elektronischen Einheit 11 angesteuert werden kann. Das Regelventil 29 wirkt als volumenproportionales Ventil, das bedeutet, daß der Ventilschieber in Abhängigkeit der von der elektronischen Einheit gemeldeten Größe verschoben wird, wodurch der Durchflußquerschnitt entsprechend variiert wird. Als Alternative könnte auch ein volumenproportionales 4/4 Ventil oder ein Regelventil, das über eine Impulsbreitenmodulation angesteuert wird, eingesetzt werden.

Zwischen der Pumpe 26 und dem Regelventil 29 ist ein Filter 30, ein Rückschlagventil 31, ein den Motor 25 bei Bedarf ein- und ausschaltender Druckschalter 32 sowie ein Druckspeicher 33 vorgesehen.

Der Druckspeicher kann derart bemessen werden, daß bei Inbetriebnahme des Kraftfahrzeuges mindestens ein erstmaliges Auskuppeln ohne Energiezufuhr möglich ist, so daß dann kein spezieller Motor 25 für die Pumpe 26 erforderlich ist. Während des Betriebes der Brennkraftmaschine 2 kann der Speicher 33 über eine von der Brennkraftmaschine angetriebenen Pumpe, wie von der die Servolenkung betreibenden, versorgt werden.

Im folgenden sei nun die Funktionsweise der Einheit 1 gemäß den Fig. 1 und 2 näher beschrieben.

Bei Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine 2, also bei stehendem Kraftfahrzeug wird, sobald der Zündkontakt geschlossen ist, das Regelventil 29 derart angesteuert, daß über den hydraulischen Zylinder 8 die Kupplung 3 durch die Energie des im Druckspeicher 33 vorrätigen Druckmediums zunächst vollständig ausgerückt wird. Sobald der Motor 2 angelassen ist und mit Leerlaufdrehzahl dreht, also noch kein Gang eingelegt ist, wird die Kupplung 3 von ihrer ausgerückten Position aus mit einer definierten Geschwindigkeit bis zu einer Position geschlossen, bei der die Getriebeeingangswelle 12 zwar angetrieben, aber unterhalb der Motorleerlaufdrehzahl bleibt, und ein bestimmter Gradient, wie zum Beispiel Drehzahlgradient oder Winkelbeschleunigungsgradient von dem Sensor 16 an die elektronische Einheit 11 gemeldet wird. Aufgrund des gemessenen Gradienten kann nun der bis zum Ermitteln dieses Gradienten zurückgelegte Einrückweg der Kupplung 3 korrigiert werden, um einen Regeleingriffspunkt zu erhalten. Dieser Regeleingriffspunkt entspricht der Stelle des Betätigungsweges der Reibungskupplung 3, bis zu der ein schneller Einrückvorgang erfolgt. Bei Überschreitung dieses Regeleingriffspunktes in Einrückrichtung

der Kupplung 3 erfolgt ein geregeltes Einrücken. Die Erfassung des Regeleingriffspunktes ist erforderlich, um den Einfluß der Herstellungstoleranzen weitgehend zu eliminieren und somit für jedes Kraftfahrzeug eine optimale Kupplungsbetätigung zu erzielen. Aufgrund des Gradientenverlaufes bis zum Grenzgradienten kann der bis zu diesem Grenzgradienten zurückgelegte Einrückweg der Kupplung 3 derart korrigiert werden, daß bei einem flachen Verlauf der Gradientenzunahme eine größere Korrektur in Ausrückeinrichtung der Kupplung 3 erfolgt als bei einem steilen Verlauf der Gradientenzunahme. Ein flacher Verlauf der Gradientenzunahme kann zum Beispiel auf eine Kupplungsscheibe mit größerem axialen Schlag zurückzuführen sein, so daß der Regeleingriffspunkt beim Einrücken der Kupplung früher einsetzt beziehungsweise erreicht wird als bei einer Scheibe mit wenig Seitenschlag.

Nach ermitteltem Regeleingriffspunkt wird die Kupplung wieder voll geöffnet.

Sobald der Fahrer den ersten, gegebenenfalls den zweiten oder den Rückwärtsgang einlegt, wird die Kupplung 3 über die hydraulische Verstellereinrichtung 10 vom voll geöffneten Zustand mit großer Geschwindigkeit bis zum Regeleingriffspunkt geschlossen. Wenn jetzt der Fahrer das Gaspedal 19 betätigt, kann aus einem im Prozessor der elektronischen Einheit 11 abgespeicherten Kennfeld eine von der Stellung der Drosselklappe 13 abhängige Drehzahl ermittelt und durch Hinzuzaddieren der momentanen Leerlaufdrehzahl eine Anfahrtdrehzahl gebildet werden. Diese Anfahrtdrehzahl wird über die die Drosselklappe 13 betätigende Regelvorkehrung 20 eingestellt. Das geregelte Schließen der Kupplung 3 erfolgt nun derart, daß bei einer definierten Gaspedalposition die Anfahrtdrehzahl über den gesamten Einrückweg praktisch konstant bleibt. Als optimale Drehzahl für das Anfahren kann diejenige Drehzahl abgespeichert werden, bei der der Motor 2 für eine vorgegebene Drosselklappenstellung das maximale Moment abgibt. Durch ein derartiges Schließen der Reibungskupplung 3 wird ein sanftes, gleichmäßiges Anfahren bei optimalem Drehmoment ermöglicht, wobei ein Abwürgen des Motors quasi ausgeschlossen ist.

Durch Berücksichtigung der Leerlaufdrehzahl bei der Ermittlung der Anfahrtdrehzahl können die witterungsbedingten Einflüsse berücksichtigt werden, da die Leerlaufdrehzahl zum Beispiel abhängig ist von der Kühlwassertemperatur.

Das geregelte Schließen der Kupplung 3 kann so lange erfolgen, bis eine Sollschlupfdrehzahl erreicht ist oder bis das von der Kupplung 3 übertragbare Moment zumindest annähernd gerade dem vom Motor 2 abgegebenen Moment entspricht. Als Alternative könnte die Kupplung 3 auch vollständig geschlossen werden.

Bei Anfahrversuchen in anderen als den hierfür vorgesehenen Gängen bleibt die Kupplung 3 geöffnet und die Drosselklappe 13 kann von der Regelvorkehrung 20 in geschlossenem Zustand gehalten werden, um ein ungewolltes Hochdrehen des Motors zu vermeiden.

Die erfindungsgemäße Einrichtung 1 ist derart ausgelegt, daß zumindest in den Drehzahlbereichen des Motors, in denen ein Getrieberasseln oder ein Dröhnen der Karosserie auftreten kann, stets ein bestimmter Schlupf zwischen Motor 2 und Getriebe 3 vorhanden ist. Durch diesen Schlupf werden die bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren der Motordrehzahl überlagerten Schwingungen mit Zündfrequenz eliminiert. Die Amplitude dieser Torsionsschwingungen ist lastabhängig, weshalb es zweckmäßig ist, in Abhängigkeit der Last

des Motors die Schlupfdrehzahl zu verändern. Die Schlupfdrehzahl kann dabei in der Größenordnung zwischen 10 und 100 Umdrehungen pro Minute betragen. Der durch die Kupplung 3 ermöglichte definierte Schlupf wirkt als Tiefpaß und hält die vorbeschriebenen Schwingungen von dem im Momentenfluß hinter der Kupplung liegenden Teil des Antriebsstranges vom Fahrzeug fern.

Für die Schlupfregelung werden über den Sensor 14 und 16 die Drehzahl des Motors 2 und der Getriebeeingangswelle 12 abgegriffen und daraus im Prozessor der elektronischen Einheit 11 die Differenzdrehzahl bestimmt. Diese ermittelte Differenzdrehzahl wird verglichen mit einer im Prozessor der elektronischen Einheit 11 für den momentan vorherrschenden Betriebszustand des Kraftfahrzeuges abgespeicherten Sollschlupfdrehzahl und aufgrund des dabei gewonnenen Ergebnisses bei Bedarf der Istkupplungsweg beziehungsweise Istanpreßdruck der Kupplung auf einen Sollkupplungsweg beziehungsweise Sollanpreßdruck gebracht, wodurch der Reibeingriff der Kupplung 3 verändert wird, um die Sollschlupfdrehzahl zu erreichen. Die einem bestimmten Betriebszustand des Kraftfahrzeuges zugeordneten Sollschlupfdrehzahlen können in Form einer 3D-Matrix aus Drehzahl, Last beziehungsweise Gaspedalstellung und Getriebeingang im Speicher des Rechners der elektronischen Einheit 11 abgelegt sein. Die Sollschlupfdrehzahlen können jedoch auch tabellenartig, punktförmig beziehungsweise als Funktion abgespeichert sein, wobei die einzelnen Tabellenwerte einem Drehzahlbereich, zum Beispiel von 100 Umdrehungen, zugeordnet sein können. Dabei kann für jedes Übersetzungsverhältnis des Getriebes eine Tabelle abgespeichert sein oder es kann eine Basistabelle abgespeichert sein, deren Werte entsprechend dem eingelegten Gang über einen Korrekturfaktor angepaßt werden. Es kann weiterhin eine Drehrichtungs- bzw. Rollrichtungserkennung vorgesehen werden. Eine solche Erkennung kann z. B. mittels wenigstens eines Sensors 35 erfolgen, welcher entsprechende Informationen an die elektronische Einheit 11 abgibt. Der Sensor 35 kann dabei in ein ABS-System integriert sein. Anstatt des Sensors 35 könnte auch der Sensor 16 derart ausgebildet sein, daß dieser nicht nur die Getriebedrehzahl, sondern auch die Getriebedrehrichtung erfaßt. Ein derartiger Richtungssensor ermöglicht es, diejenigen Fälle zu erkennen, bei denen eingelegter Gang und Rollrichtung nicht übereinstimmen. Dies ist z. B. der Fall bei einem bergaufwärts stehenden Kraftfahrzeug, das bei eingelegtem erstem Gang bergabwärts sich bewegt. Durch den Einsatz eines Richtungssensors können falsche Regelreaktionen der elektronischen Einheit 11 vermieden werden. Bei solchen Fällen, bei denen Rollrichtung und eingelegter Gang nicht übereinstimmen, erhält die durch den Sensor 16 erfaßte Getriebedrehzahl ein negatives Vorzeichen, so daß die Berechnung der Schlupfdrehzahl korrekt erfolgt.

Die Schlupfregelung arbeitet während ihres Betriebes prinzipiell als Drehmomentbegrenzer. Aufgrund der Tatsache, daß mit einer vorgegebenen Schlupfdrehzahl gefahren wird, das heißt eine vorgegebene Schlupfdrehzahl durch den Regelkreis eingestellt wird, ist in der Kupplung praktisch eine Momentengleichheit zwischen dem antreibenden Moment des Motors 2 und dem Rutschmoment der Kupplung 3 wobei die durch den Schlupf aufgebrauchte Leistung zuzüglich der an das Getriebe abgegebenen Leistung der Motorleistung entspricht. Das Rutschmoment ist dasjenige Moment, das

auf das Fahrzeug zum Antrieb beziehungsweise zur Beschleunigung übertragen werden kann. Durch einen Gasstoß kann nun schlagartig mehr Moment vom Motor 2 abgegeben werden, wodurch dieser beschleunigt und in der Drehzahl zunimmt. Dies hat zur Folge, daß die Kupplung 3 in Einrückrichtung mehr zuregelt. Dies geschieht dadurch, daß die auftretende höhere/niedere Drehzahldifferenz zwischen Motor 2 und Getriebe 4 durch den Regelkreis erkannt wird und infolgedessen in der Kupplung 3 eine höhere/niedere Anpreßkraft eingestellt wird.

Bei manchen Fahrzeugen ist es nicht erforderlich, aus Rassel- oder Dröhngründen permanent mit Schlupf zu fahren, das heißt Schwingungsisolierung für die hochfrequenten Motorschwingungen, hervorgerufen durch die Zündfolge, zu haben. Führt man in einem für Rasseln und Dröhnen unkritischen Bereich, so kann die Kupplung 3 völlig geschlossen werden. Durch das Schließen der Kupplung hat man dann keinen Verschleiß mehr, aber auch keinen Drehmoment begrenzenden Betrieb. Gemäß der Erfindung soll nun in diesen unkritischen Bereichen das von der Kupplung 3 übertragbare Moment auf einen Wert eingeregelt werden, der gleich oder nur geringfügig größer ist als das anstehende Moment des Motors 2. Da dieser Eingriffspunkt der Kupplung 2 über eine Momentenmessung nur mit sehr hohem Aufwand ermittelt werden kann, wird bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung dieser Eingriffspunkt über eine Drehzahlmessung ermittelt. Hierfür wird in bestimmten Zeitabständen die Kupplung 3 über die Regelung ein wenig geöffnet, und zwar bis ein geringer Schlupf, zum Beispiel in der Größenordnung von 5 bis 10 Umdrehungen pro Minuten detektiert wird, und fährt dann die Kupplung 3 wieder zu bis zu einem Eingriffspunkt, bei dem kein Schlupf mehr detektiert wird. Dieser Vorgang kann mit einer konstanten Frequenz durchgeführt werden. Dieses Verfahren garantiert, daß Drehzahlgleichheit zwischen Motor 2 und Getriebeeingangswelle 12 und auch praktisch Momentengleichheit zwischen dem vom Motor 2 abgegebenen Moment und Übertragungsmoment der Kupplung 3 eingeregelt werden können. Bei konstanter Fahrt, also bei praktisch konstanter Gaspedalstellung kann das Abtasten des Eingriffspunktes, bei dem praktisch Momentengleichheit vorherrscht, mit relativ geringer Abtastfrequenz durchgeführt werden. Anders ist es, wenn plötzliche Momentensprünge auftreten, das bedeutet, daß das Gaspedal plötzlich niedergetreten oder losgelassen wird. Bei derartigen schlagartigen Momentensprüngen muß die Abtastrate erheblich erhöht werden. Hierfür kann die Abtastrate in Abhängigkeit der Geschwindigkeit, mit der das Gaspedal 19 beziehungsweise die Drosselklappe 13 bewegt wird, verändert werden. Letzteres kann mittels eines die Stellung des Gaspedals 19 ermittelnden Potentiometers 34 erfolgen.

Es kann weiterhin der jeweilige Ort, das bedeutet also die jeweilige Einrückstellung der Kupplung 3, bei der die Regelung einen Punkt, bei dem kein Schlupf oder nur ein sehr kleiner Schlupf auftritt, gefunden hat, gemeinsam mit der diesem Punkt zugeordneten Drosselklappenstellung im Speicher des Rechners der elektronischen Einheit 11 festgehalten werden. Bei schlagartigen Momentenänderungen kann dann aufgrund der neuen Drosselklappenstellung und der gespeicherten Werte sofort festgestellt werden, wo der neue Schlupfpunkt beziehungsweise Momentengleichgewichtspunkt herrscht.

Die von der elektronischen Einheit 11 festgehaltenen

Werte, bei denen kein Schlupf oder nur ein sehr kleiner Schlupf auftritt, werden bei auftretenden Abweichungen neu erfaßt bzw. korrigiert, das heißt also, daß das System intelligent bzw. lernfähig ausgebildet ist. Derartige Abweichungen können z. B. aufgrund einer Veränderung im Reibwert bzw. in der Anpreßkraft auftreten, wodurch der Regelpunkt, bei dem kein Schlupf bzw. nur ein sehr kleiner Schlupf auftritt, verschoben wird. Die für diesen Regelpunkt erfaßte Einrückstellung der Kupplung 3, kann auch durch eine Druckerfassung, z. B. im hydraulischen Zylinder 8, ersetzt werden. Auch kann diese Einrückstellung mittels einer Kraftmessung definiert werden.

In Verbindung mit den Fig. 3 und 5 bis 15 wird nun eine mögliche Auslegung und Funktionsweise der Elektronikeinheit 11 beschrieben.

Eingangsgrößen für die Elektronikeinheit 11 sind die von einem Sensor 14 erfaßten, in einem Interface 124 geformten Motorzahnimpulse der Zähne 15 des Schwungrades. Die Frequenz der Motorzahnimpulse ist also der Drehzahl der Kurbelwelle proportional. Die Impulse des Sensors 16 für die Getriebedrehzahl werden in einem Interface 125 geformt. Die Frequenz dieser Getriebezahnimpulse ist der Drehzahl der Getriebeeingangswelle proportional.

Die Signale des Wegaufnehmers 23 für die Kupplungsstellung werden in einem Interface 126 geformt. Die Werte des Sensors 18 für die Stellung der Drosselklappe werden in einem Interface 127 geformt. Die Gangerkennung 22 liefert Digitalwerte für den jeweils eingeschalteten Gang und gegebenenfalls für die Schaltabsicht, wenn der Schalthebel betätigt wird. Diese Werte werden in einem Interface 128 verarbeitet.

Die Motorzahnimpulse und die Getriebezahnimpulse müssen jeweils in drehzahlproportionale Analoggrößen umgewandelt werden. Hierzu werden Taktimpulse eines Oszillators 129 benutzt, der mit hoher Frequenz arbeitet. Im einzelnen erfolgt die Bereitstellung der drehzahlproportionalen Spannungswerte jeweils mittels eines Monoflops, insbesondere eines voreinstellbaren Zählers 130 bzw. 131 sowie eines Integrators 132 bzw. 133.

Fig. 5 zeigt die dabei auftretenden Impulsformen. In der ersten Reihe sind die Taktimpulse  $T_o$  des Oszillators 129 gezeigt, die mit konstanter hoher Frequenz auftreten. Die zweite Reihe zeigt die Motorzahnimpulse  $M_z$ , deren Frequenz der Motordrehzahl proportional ist. Die Anzahl der Zähne 15 auf der Motorschwungradscheibe hat den Wert  $Z_n$ . Der voreinstellbare Zähler 130 ist auf eine Impulszahl  $D_m$  programmiert. Er zählt also für jeden Motorzahnimpuls  $M_z$  eine gleiche Anzahl  $D_m$  von Taktimpulsen als Motortaktimpulse  $MT$ . Jeweils beim Überlauf wird der Ausgang umgeschaltet, so daß man drehzahlproportionale Analogspannungen erhält. Der Ausgang des Motorzählers  $M$  ist in der nächsten Reihe dargestellt. Das Tastverhältnis  $T$  dieser Impulse ist proportional zur Motordrehzahl.

In den folgenden Zeilen sind jeweils die Getriebezahnimpulse  $G_z$ , die in dem Getriebezähler gezählten Getriebetaktimpulse  $GT$  und die am Ausgang des Getriebezählers  $G$  auftretenden Impulse, deren Tastverhältnis der Getriebedrehzahl proportional ist, dargestellt. Die Anzahl der Zähne 17 hat den Wert  $Z_g$ . Der Getriebezähler ist auf den Wert  $D_g$  vorprogrammiert.

Es gelten folgende Beziehungen:

$$Um = K \times Dm \times Zm$$

$$Ug = K \times Dg \times Zg,$$

wobei  $K$  ein Proportionalitätsfaktor ist. Wenn man den Voreinstellwert für den Motorzähler  $Dm = K \times Zg$  und den Voreinstellwert für den Getriebezähler  $Dg = K \times Zm$  wählt, so kann man die oben angegebenen Werte  $Um$  für die Motordrehzahl und  $Ug$  für die Getriebedrehzahl normieren. Die Ausgangsimpulse des Motorzählers und des Getriebezählers werden in Integratoren 132 und 133 integriert. Diese werden in einem Vergleichsverstärker miteinander verglichen, so daß man am Ausgang des Vergleichers 134 einen Wert bzw. eine Spannung für die Drehzahldifferenz oder den Ist-Schlupf der Kupplung erhält.

Zur Dämpfung der zündungsspezifischen Drehzahlschwankungen der Motordrehzahl und zur Verkürzung der zur Ermittlung der Motordrehzahl erforderlichen Zeitdauer wird nach Fig. 6 ein drehzahlabhängiger Integrator als Integrator 132 eingesetzt. Fig. 6 zeigt am Eingang die Ausgangsspannung des Motorzählers mit dem Tastverhältnis  $T$ . Ein Schalter 135 wird durch die Eingangsimpulse umgeschaltet. Die beiden Integratoren haben jeweils einen Widerstand 136 mit dem Wert  $R_1$  bzw. 138 mit dem Wert  $R_2$  und einen Kondensator 137 mit dem Wert  $C_1$  bzw. 139 mit dem Wert  $C_2$ . Die Integrationszeiten sind dann jeweils:

$$t_1 = R_1 \times C_1 \text{ bzw. } t_2 = R_2 \times 1/T \times C_2.$$

Wenn der Schalter 135 durch die Ausgangsimpulse des Motorzählers geschlossen wird, so steigt der dynamische Widerstand mit fallendem Tastverhältnis, also kleinerer Drehzahl an. Dadurch erreicht man eine Verlängerung der Integrationszeit bei kleinen Drehzahlen.

In einer Schaltstufe 135 wird der Absolutwert des Schlupfes gebildet. Einzelheiten dieser Schaltstufe 135 sind in Fig. 7 dargestellt. Die ankommende schlupfproportionale Spannung wird in einem Vergleichsverstärker 140 mit dem Nullwert verglichen. Wenn die Spannung größer null ist, bleibt die Stellung des Schalters 141 unverändert, so daß die positive Schlupfspannung unverändert durchgelassen wird. Wenn dagegen der Vergleichsverstärker einen Spannungswert unterhalb des Nullwertes ermittelt, so wird der Schalter 141 umgeschaltet, und die in einem Inverter 142 invertierte Spannung wird durchgelassen.

Die Schlupfwerte und die übrigen Eingangswerte stehen in Analogform zur Verfügung und müssen mit Sollwerten sowie weiteren Steuerwerten kombiniert werden. Diese Sollwerte und Steuerwerte müssen betriebsabhängig verändert werden. Die Ermittlung und Bereitstellung dieser Werte erfolgt mittels eines Prozessors 143, der ein programmierbares Rechenwerk und einen Adreßspeicher als Kennfeldspeicher enthält. Der Kennfeldspeicher enthält Kennlinien bzw. Kennfelder für den Schlupf, die lastabhängig, abhängig von der jeweiligen Getriebebestellung und gegebenenfalls abhängig von sonstigen Motorparametern wie Motortemperatur, Motordrehzahl und dergleichen abgelegt sind. Der Kennfeldspeicher enthält Werte für den Soll-Schlupf und auch Regelfaktoren. Die Bedeutung dieser Werte und deren Verarbeitung wird im folgenden erläutert.

Der Prozessor 143 steuert einen Multiplexer 124 und einen A/D-Wandler 145, so daß die verschiedenen Kenngrößen zeitgestaffelt verarbeitet werden können. Die Analogwerte der Motordrehzahl, der Getriebedrehzahl, der Kupplungsstellung, der Drosselklappenstellung und demgleichen werden in Digitalwerte umgewandelt, die eine Ansteuerung von Speicheradressen des Adreßspeichers innerhalb des Prozessors 143 ermöglichen. Die abgefragten Speicherwerte des gespeicherten Schlupfes werden im folgenden erläutert.



cherten Kennfeldes werden als Soll-Schlupfwerte ausgegeben und in einem D/A-Wandler 146 in Analogwerte umgewandelt. Der Ist-Schlupf aus der Schaltstufe 139 und der Soll-Schlupf aus dem Wandler 146 werden in einem Vergleich 147 miteinander verglichen und ergeben einen Differenzschlupfwert, der dann in Regelstrecken verarbeitet wird.

Die entsprechende Regelstrecke umfaßt einen P-Zweig 148 und einen I-Zweig 149. Die Kennlinie bzw. die Verstärkung jeder Regelstrecke läßt sich parameterabhängig steuern, wie dies in Fig. 8 im Prinzipschaltbild erläutert ist. Fig. 8 zeigt einen Widerstand 150 sowie einen Schalter 151. Der Schalter 151 wird durch die Ausgangsimpulse eines Timers 152 gesteuert und im Takt dieser Timerimpulse geschlossen. Das Tastverhältnis des Timers wird durch digitale Stellwerte 153 gesteuert. Das Tastverhältnis des Timers 152 bestimmt somit die Schließzeit des Schalters 151. Entsprechend dieser Schließzeit wird der effektive Wert des Widerstandes 150 verändert. Im folgenden ist dieser parameterabhängige Widerstand durch das Symbol 154 dargestellt.

Fig. 9 zeigt das Schaltbild eines P-Reglers mit parameterabhängigem Widerstand 154, Fig. 10 das Schaltbild eines I-Reglers mit parameterabhängigem Widerstand 154, Fig. 11 das Schaltbild eines D-Reglers mit parameterabhängigem Widerstand 154. Die Parameter werden durch die Stellwerte 153 dargestellt und verändern jeweils die Kennlinie der betreffenden Regelstrecken. Diese Stellwerte oder Parameter werden jeweils von dem Prozessor 143 im Kennfeld abgefragt und gegebenenfalls nach Verarbeitung dem P-Zweig 148 und dem I-Zweig 149 zugeführt, so daß eine parameterabhängige Verarbeitung des Differenzschlupfwertes erfolgt. Die umgewandelten Komponenten des Differenzschlupfwertes werden in einem Addierer 155 addiert und nach Verstärkung in einer Endstufe 156 als Stellgröße in das Stellglied 10 für die Einstellung der Kupplung eingegeben. In Fig. 3 sind für die Schlupfregelung ein P-Zweig 148 und ein I-Zweig 149 dargestellt. Gegebenenfalls kann die Regelung auch noch einen D-Zweig und/oder andere Regelzweige enthalten.

Die beschriebenen Regelteile werden für die Schlupfregelung der Kupplung benötigt. Sie bestimmen die jeweilige Stellung der Kupplung entsprechend dem Soll-Schlupf.

In anderen Fahrzuständen ist eine direkte Regelung des Kupplungsweges unabhängig von dem Schlupf erwünscht. Dieses gilt für das Anfahren sowie bei Schaltvorgängen. Hierfür ist ein parameterabhängiger Regelzweig 157 vorgesehen. Für den Gangwechsel oder andere spezielle Betriebszustände, die im Arbeitsablauf durch den Prozessor erkannt werden, werden über einen D/A-Wandler 158 Sollwerte für die Kupplungsstellung bereitgestellt und in einem Vergleich 159 mit dem Ist-Wert der Kupplungsstellung verglichen. Der Differenzwert wird in dem Regelzweig 157 verarbeitet und in der zuvor beschriebenen Weise in das Stellglied 10 eingespeist. Erforderlichenfalls kann man auch eine parameterabhängig steuerbare Stellstrecke für eine Gegenkopplung verwenden, um Schwingungen der Regelung auszuschließen.

Durch das Interface 128 für die Getriebestellung und die Schaltabsichtserkennung wird über eine Endstufe 161 eine Drosselklappenverstellung 162 angesteuert, die während eines Getriebebeschaltvorgangs die Drosselklappe in Schließstellung verstellt, um ein Durchdrehen des Motors auszuschließen.

Zusammenfassend werden die Eingangsgrößen ana-

log bereitgestellt und nach Umwandlung in Digitalgrößen innerhalb des Prozessors 143 verarbeitet. Die im Kennfeld gespeicherten und gegebenenfalls bearbeiteten Ausgangswerte des Prozessors werden wiederum in Analoggrößen umgewandelt und stehen einerseits als Sollwerte für den Schlupf bzw. für den Kupplungsweg sowie andererseits als Regelparameter für die Einstellung der einzelnen Regelzweige zur Verfügung. Durch diese Auslegung ist eine Analogregelung mit veränderbarer Regelcharakteristik möglich, um die Regelung in den verschiedenen Betriebszuständen jeweils optimal anzupassen. Die Ansteuerung der einzelnen Kennfelder erfolgt aufgrund der Eingangswerte der Regelung. So wird aufgrund einer Schaltabsichtserkennung die Regelung von der Schlupfregelung auf die Wegregelung der Kupplung umgeschaltet. Im Schlupfregelungsbetrieb können die abgelegten Kennlinien gangabhängig und/oder lastabhängig umgeschaltet werden. Die Arbeitsperiode des Prozessors 143 beträgt 5 ms, so daß eine aktuelle Änderung der Sollwerte und Regelgrößen während des Fahrbetriebs möglich ist. Die Wegregelung erfolgt beim Anfahren, Schalten oder beim Überschreiten einer programmierten Maximaldrehzahl der Getriebeeingangswelle.

Das Interface 128 mit der Gangerkennung und der Schaltabsichtserkennung ermöglicht eine Änderung der jeweiligen Regelabläufe. Beim Anfahren wird in Abhängigkeit von der Stellung der Drosselklappe und damit der gewünschten Beschleunigung die Sollanfahrtdrehzahl des Motors ermittelt, die von der Regelung durch entsprechende Drehzahlermittlung unter Änderung des Schlupfwertes konstant gehalten wird. Dabei wird auch die Leerlaufdrehzahl berücksichtigt. Ein Anfahren ist nur im 1., 2. oder Rückwärtsgang möglich. Bei Anfahrversuchen in anderen Gängen bleibt die Kupplung geöffnet, so daß aufgrund der Steuerung des Prozessors 143 ein Anfahren nicht möglich ist. Während des Schaltvorgangs selbst wird jeweils die Drosselklappe geschlossen und erst wieder beim Einkuppeln entsprechend geöffnet. Die jeweilige Geschwindigkeit, mit der die Kupplung und die Drosselklappe beim Anfahren verstellt wird, ist durch den Zweig 160 begrenzt, um übermäßige Reaktionen zu vermeiden.

Der Sollwert des Schlupfes beträgt normalerweise 50 bis 100 Umdrehungen pro Minute. Im Kennfeld können jedoch auch andere Sollwerte gespeichert sein. Im hohen Drehzahlbereich, wenn die Drehzahlschwankungen des Motors gering sind oder oberhalb der Resonanzfrequenzen des Fahrwerks und der Karosserie liegen, kann mit einem Nullschlupf gefahren werden. Unterhalb der obengenannten Leerlaufdrehzahl arbeitet die Regelung im Anfahrmodus. Oberhalb der genannten Drehzahl wird die Kupplung vollständig geschlossen und arbeitet ohne Schlupf.

Das Verhalten der Regelung wird nun anhand der Fig. 12 bis 14 für verschiedene Fahrzustände erläutert. Fig. 12 zeigt das Arbeiten der Regelung beim Anfahren für Teillast. In dem unteren Bild ist die Stellung *D* der Drosselklappe eingetragen. Die Stellung *D* der Drosselklappe gibt die gewünschte Beschleunigung und damit Last an. Die Regelung stellt entsprechend eines Sollwertes für die Motordrehzahl  $n_M$  den erforderlichen Kupplungsweg *K* ein. In dem oberen Bild ist die Motordrehzahl  $n_M$  und die Getriebedrehzahl  $n_G$  eingezeichnet. Man erkennt deutlich den gleichmäßigen Anstieg der Getriebedrehzahl  $n_G$  und damit das gleichmäßige Anfahrverhalten des Fahrzeugs.

Fig. 13 zeigt das Verhalten der Regelung bei einem

Lastsprung ohne Umschaltung des Gangs. Der Lastsprung geht von 0 auf 100%, wie man aus dem unteren Bild für die Drosselklappenstellung  $D$  erkennt. Dabei gilt die Schlupfregelung.

Fig. 14 zeigt entsprechend eine Regelkennlinie für einen Umschaltvorgang aus dem zweiten in den dritten Gang unter Vollast. Hier wird bei der Schaltabsichtserkennung ( $\propto$  bei  $D_1$ ) automatisch die Drosselklappe geschlossen (bei  $D_2$ ) und nach Durchführung der Gangschaltung (ab  $D_3$ ) wieder entsprechend langsam bis zum Vollastwert  $D_4$  geöffnet, um ein Überdrehen des Motors auszuschließen. Die Kupplung wird während des Schaltvorgangs auf Wegregelung umgeschaltet. Man erkennt hier auch den gleichmäßigen Verlauf während des Umschaltvorgangs.

Beim Abschalten des Motors wird während des Absinkens der Motordrehzahl die Kupplung voll geschlossen und der entsprechende Kupplungsweg gemessen. Dieser Wert wird in dem Kennfeldspeicher abgespeichert und steht somit als Grundwert für die Regelung zur Verfügung.

Die gespeicherten Werte können jeweils mit den aktuell ermittelten Werten verglichen werden und in den Kennfeldern abgespeichert werden. So ist es möglich, die Speicherwerte dem aktuellen Betriebszustand, insbesondere dem Verschleißzustand, anzupassen.

Fig. 4 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform der Regelung. Eingangsgrößen für die Elektroneinheit 11 (in Fig. 1) sind die von einem Sensor 14 erfaßten, in einem Interface 124 geformten Motorzahnimpulse der Zähne 15 des Schwungrades. Die Frequenz der Motorzahnimpulse ist der Drehzahl der Kurbelwelle proportional. Die Impulse des Sensors 16 für die Getriebedrehzahl werden in einem Interface 125 geformt. Die Frequenz dieser Getriebezahnimpulse ist der Drehzahl der Getriebeeingangswelle proportional.

Die Signale des Wegaufnehmers 23 für die Kupplungsstellung werden in einem Interface 126 geformt. Die Werte des Sensors 18 für die Stellung der Drosselklappe werden in einem Interface 127 geformt. Die Gangerkennung 22 liefert Digitalwerte für den jeweils eingeschalteten Gang und gegebenenfalls für die Schaltabsicht, wenn der Schalthebel betätigt wird. Diese Werte werden in einem Interface 128 verarbeitet.

Die Zeitintervalle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Motor- und Getriebeimpulsen werden jeweils im Zähler 130 bzw. 131 gemessen. Hierzu werden Taktimpulse eines Oszillators 129 benutzt, der mit hoher Frequenz arbeitet. Die Zählerstände werden vom Prozessor 143 gelesen, sie sind umgekehrt proportional zur Drehzahl. Der Prozessor 143 steuert einen Multiplexer 144 und einen A/D-Wandler 145, so daß die verschiedenen Kenngrößen zeitgestaffelt verarbeitet werden können. Die Kupplungsstellung, die Drosselklappenstellung und dergleichen werden in digitale Werte umgewandelt.

Der Prozessor 143 enthält einen Adreßspeicher als Kennfeldspeicher. Der Kennfeldspeicher enthält Kennlinien bzw. Kennfelder für den Schlupf, die lastabhängig, abhängig von der jeweiligen Getriebebestellung und gegebenenfalls abhängig von sonstigen Motorparametern sind. Der Kennfeldspeicher enthält Werte für den Soll-Schlupf und auch Regelfaktoren.

Der Prozessor 143 berechnet aus Zählerständen der Zähler 130 und 131 die Motordrehzahl und die Getriebedrehzahl und daraus den Ist-Schlupf. Der Ist-Schlupf und der Soll-Schlupf aus dem Kennfeld werden im Rechenwerk des Prozessors 143 verglichen und ergeben einen Differenzschlupfwert, der weiter rechnerisch ver-

arbeitet wird. Durch bekannte arithmetische Verfahren wird im Prozessor 143 ein P-Zweig und ein I-Zweig nachgebildet und berechnet. Gegebenenfalls kann die Berechnung auch noch einen D-Zweig und/oder andere Regelzweige enthalten.

Bei der Regelung gemäß Fig. 4 sind keine Analog-Regelstrecken erforderlich, da diese Regelung durch einen Programmablauf des Prozessors 143 nachgebildet wird. Der Programmablauf des Prozessors 143 kann nach dem Flußplan der Fig. 15 erfolgen. Man erkennt in diesem Flußplan die über den Multiplexer 144 gesteuerte Bereitstellung der Eingangsgrößen wie Drehzahl, Kupplungsstellung, Drosselklappenstellung, Gangerkennung und dergleichen. In einer ersten Verzweigungsstufe 171 wird die Motordrehzahl abgefragt und mit einem Minimalwert verglichen, der beim Abschalten des Motors unterhalb der Leerlaufdrehzahl auftritt. Wenn dieser Minimalwert der Drehzahl unterschritten wird, wird nach dem Programmteil 173 die Kupplung vollkommen eingeschaltet und der Nullpunkt des Kupplungsweges ermittelt. Dieser Nullpunkt des Kupplungsweges wird in dem Kennfeld abgespeichert. Anhand der Konstruktionswerte der Kupplung ergibt sich aus diesem Nullpunkt des Kupplungsweges der Auskuppelpunkt der Kupplung, nach dem die Steuerung des Kupplungsweges erfolgt.

In der nächsten Verzweigung 174 wird eine etwa vorhandene Schaltabsicht überprüft. Wenn eine Schaltabsicht vorhanden ist, so wird nach dem Programmteil 185 die Kupplung vollständig ausgekuppelt, damit die Schaltung des Getriebes durchgeführt werden kann. Wenn keine Schaltabsicht vorhanden ist oder wenn das Getriebe in den gewünschten Gang geschaltet ist, erfolgt nach der Verzweigung 175 eine Überprüfung, ob der Neutralgang oder Leerlauf eingeschaltet ist. Im ersten Gang und/oder im Rückwärtsgang sowie bei einer Getriebedrehzahl unterhalb eines Minimalwertes erfolgt nach der Verzweigung 176 eine Steuerung zum Anfahren. Bei offener Drosselklappe wird dann nach der Verzweigung 177 endgültig der Anfahrvorgang ausgelöst. Im übrigen wird entsprechend der Verzweigung 175 während jedes Programmdurchlaufs nach dem Programmteil 179 der Greifpunkt ermittelt, ebenso die Leerlaufdrehzahl und die Kupplung wieder vollständig ausgekuppelt.

Die Verzweigung 176 führt andererseits zum Programmteil 180, wonach der Sollschlupf der Kupplung gesteuert wird. Schließlich erfolgt nach der Verzweigung 177 im Programmteil 181 ein Auskuppeln bis zum Greifpunkt. Im Programmteil 182 werden die Gewichtsparameter für die Regelstrecken bereitgestellt.

Die Nachbildung der Regelzweige durch einen Programmablauf berechnet jeweils die Eingangswerte der Regelzweige und ein Produkt mit einem Faktor aus dem Kennfeldspeicher. Die verschiedenen Produktwerte werden addiert. Ein Dämpfungszeitglied wird durch eine Differenzbildung zwischen den in aufeinanderfolgenden Rechenperioden berechneten Werten realisiert. Die Rechenperiode soll etwa 3 ms betragen.

Der Prozessor 143 führt die genannten Berechnungen durch und gibt die Ausgangswerte an eine Endstufe 183, die das Stellglied 10 zur Ansteuerung der Kupplung ansteuert. Die Endstufe kann einen D/A-Wandler enthalten. Es kann auch ein Impulsgenerator mit gesteuertem Tastverhältnis vorhanden sein.



1. Verfahren zum Steuern einer zwischen einer Antriebsmaschine und einem Getriebe wirksamen automatisierten Reibungskupplung für wenigstens einen der Betriebszustände wie Anfahren, Schalten, Fahren, Beschleunigen, Abbremsen, Rückwärtsfahren, Parken oder dgl. bzw. von Übergängen zwischen einzelnen Betriebszuständen, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest für den Anfahrvorgang ein Regeleingriffspunkt der Kupplung in Abhängigkeit einer innerhalb des Antriebsstranges durchgeführten Momentenmessung und/oder einer Winkelmessung ermittelbar ist, indem die Kupplung aus einer ausgerückten Position und bei eingelegtem Gang und stehendem Fahrzeug mit definierter Geschwindigkeit bis zu einer Position geschlossen wird, bei der zwar ein Moment eingeleitet, dieses Moment jedoch geringer ist als dasjenige, durch das das Fahrzeug bewegt würde, und ein bei Erreichen eines bestimmten Moments und/oder eines bestimmten Winkels entsprechender Wert, z. B. der Ort der Kupplungsbetätigung, ermittelt und einem Speicher zugeführt wird, woraufhin die Kupplung zumindest teilweise wieder geöffnet wird (Warteposition).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkelmessung zwischen einem Eingangs- und Ausgangselement eines der Kupplungsbauteile, wie den Reibbelägen und der Nabe der Kupplungsscheibe, erfolgt.

3. Verfahren zum Steuern einer zwischen einer Antriebsmaschine und einem Getriebe wirksamen automatisierten Reibungskupplung für wenigstens einen der Betriebszustände wie Anfahren, Schalten, Fahren, Beschleunigen, Abbremsen Rückwärtsfahren, Parken usw. bzw. von Übergängen zwischen einzelnen Betriebszuständen, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest für den Anfahrvorgang ein Regeleingriffspunkt der Kupplung in Abhängigkeit einer Gradientenermittlung an drehbaren Bauteilen des Antriebsstranges ermittelbar ist, indem die Kupplung aus einer ausgerückten Position und bei nicht eingelegtem Gang (und stehendem Fahrzeug) mit definierter Geschwindigkeit bis zu einer Position geschlossen wird, bei der die Getriebeeingangswelle zwar angetrieben, aber unterhalb der Motorleerlaufdrehzahl bleibt, und ein bei Erreichen eines bestimmten Zustandes, wie einer bestimmten Drehzahl, vorhandener Gradientenwert und ein zustandsabhängiger Wert, wie der Ort der Kupplungsbetätigung, ermittelt und einem Speicher zugeführt werden, woraufhin die Kupplung zumindest teilweise wieder geöffnet wird (Warteposition).

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der ermittelte Kupplungsbetätigungsort zur Ermittlung des Regeleingriffspunktes entsprechend dem ermittelten Gradienten berichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Schließen der Kupplung in Abhängigkeit des Einlegens eines Ganges aus der Warteposition heraus bis zum Regeleingriffspunkt mit einer definierten Geschwindigkeit erfolgt und ab dem Regeleingriffspunkt in Abhängigkeit der Gaspedalstellung ein geregeltes Schließen der Kupplung derart, daß die Motor-

drehzahl auf eine der jeweiligen Gaspedalstellung zugeordnete, in einem Speicher abgespeicherte Soll-Drehzahl eingeregelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Motordrehzahl zumindest im wesentlichen konstant gehalten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Motordrehzahl von einem gespeicherten Kennfeld abgeleitet wird, das die den jeweiligen Drosselklappenstellungen entsprechenden Soll-Motordrehzahlen, die dem maximalen Motormoment entsprechen, enthält.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuelle motortemperaturabhängige Motorleerlaufdrehzahl in Abhängigkeit des eingelegten Neutralganges und der geschlossenen Drosselklappe ermittelt und um einen der entsprechenden Temperatur zugeordneten Differenzbetrag erhöht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfahrerdrehzahl in Abhängigkeit eines eingelegten Ganges, der geöffneten Drosselklappe und des Erreichens des vorgegebenen, erhöhten Drehzahlwertes den Anfahrvorgang freigegeben wird, wobei das Einrücken der Kupplung vom Regeleingriffspunkt aus steuerbar ist.

10. Verfahren nach Anspruch 3 oder folgende, dadurch gekennzeichnet, daß der Gradient aus der Drehzahl, wie der Drehzahl der Getriebeeingangswelle, ermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 3 oder folgende, dadurch gekennzeichnet, daß der Gradient aus einer Winkelbeschleunigung (aus einer Winkelgeschwindigkeitsmessung) ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 3 oder folgende, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gradient aus einem Momentenaufbau ermittelt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder folgende, dadurch gekennzeichnet, daß der Gradient in Abhängigkeit der Durchlaufzeit eines bestimmten Drehzahlbereiches und bei Erreichen des oberen Drehzahlbereiches ermittelt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung in Abhängigkeit vom Regeleingriffspunkt um einen konstanten Weg geöffnet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung in Abhängigkeit vom Regeleingriffspunkt um den maximalen Ausrückweg geöffnet wird.

16. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Regeleingriffspunkt umso weiter von dem Punkt, der dem geschlossenen Zustand der Kupplung (Nullpunkt) entfernt ist, je flacher (langsamer) der Anstieg des Gradientenverlaufes ist.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit vom stillstehenden Motor die Kupplung geschlossen wird (Nullstellung).

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der der Nullstellung entsprechende Kupplungsweg in einem Speicher festgehalten wird.

19. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit des Motorstarts die Kupplung um den maximalen Ausrückweg geöffnet, zumin-

dest bis zur Ermittlung des Regeleingriffspunktes geschlossen, ein diesem entsprechender Wert einem Speicher zugeführt und die Kupplung bis zur Warteposition wieder geöffnet wird.

20. Verfahren insbesondere nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest während des Anfahrvorganges die ermittelte Getriebe- und/oder Motordrehzahl mittels eines Filters, insbesondere eines "Tiefpaßfilters", geglättet wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter ein sogenannter "mitlaufender" beziehungsweise "fliegender" Filter ist.

22. Verfahren insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Fahrbetriebes zumindest über Teile des Drehzahlbereiches des Motors ein Schlupf in der Kupplung eingeregelt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß permanent ein (geringer) Schlupf eingeregelt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf veränderbar ist.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf in Abhängigkeit der Motordrehzahl veränderbar ist.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf in Abhängigkeit des übertragenen Momentes veränderbar ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf in Abhängigkeit der Drosselklappe veränderbar ist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf gangabhängig regelbar ist.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf auf einen dem jeweiligen Betriebszustand des Fahrzeuges, wie des Motors, der Kupplung oder Drosselklappe oder dergleichen, zugeordneten, in einem Speicher abgelegten Soll-Schlupf veränderbar ist.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Veränderung des Schlupfes in Form eines Kennfeldes, einer Tabelle oder einer Kennlinie gespeichert ist.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit eines sich erhöhenden Schlupfes die Kupplung (weiter) geschlossen wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit eines sich verringernden Schlupfes die Kupplung (weiter) geöffnet wird.

33. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf durch Änderung des Anpreßdruckes der Kupplung veränderbar ist.

34. Verfahren insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Fahrbetriebes zumindest über Abschnitte des Drehzahlbereiches des Motors das von der Kupplung übertragbare Moment in Abhängigkeit von Betriebsparametern, wie der Gaspedalstellung, auf einen Wert eingeregelt wird, der möglichst gleich ist als das anstehende Motormoment (Momentengleichheit).

35. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem festgestellten Schlupf das übertragbare Moment der Kupplung (wie Kupplungsweg, Kupplungsanpreßdruck oder dergleichen) veränderbar ist, bis der Schlupf zumindest annähernd eliminiert ist (Momentengleichheit).

36. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß bei zumindest annähernder Momentengleichheit zwischen Antriebs- und Abtriebsseite der Kupplung bestehende Betriebsparameter, wie Gaspedalstellung, Kupplungsweg, Kupplungsanpreßdruck oder dergleichen in einem Speicher festgehalten werden.

37. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter, bei denen der Schlupf praktisch "null" wird, in Form eines Kennfeldes oder einer Kennlinie gespeichert werden.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest bei annähernder Momentengleichheit in bestimmten Zeitabständen die Kupplung (geringfügig) geöffnet wird, bis ein (geringfügiger) Schlupf detektiert wird, danach die Kupplung wieder so weit geschlossen wird, bis zumindest ein geringerer (kein) Schlupf mehr detektiert wird.

39. Verfahren insbesondere nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitabstände in Abhängigkeit der Betriebszustände des Motors beziehungsweise des Kraftfahrzeuges veränderbar sind.

40. Verfahren insbesondere nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß bei praktisch konstantem Momentenverlauf im Antriebsstrang, wie konstanter Motorlast, die Zeitabstände größer sind als bei Momentenänderungen, insbesondere plötzlichen Momentenänderungen.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitabstände abhängig sind von der Geschwindigkeit, mit der die Gaspedalstellung verändert wird.

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten und abgespeicherten Informationen, wie zum Beispiel Regeleingriffspunkt, Nullpunkt, Warteposition, Schlupf, Momentengleichgewichtspunkte oder dergleichen aufgrund der jeweils neu ermittelten Informationen aktualisiert werden.

43. Verfahren insbesondere nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils zuletzt ermittelte Information mit der abgespeicherten entsprechenden Information verglichen wird und bei einer Abweichung gegen diese ausgetauscht wird.

44. Verfahren nach Anspruch 42 oder 43, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils zuletzt ermittelte Information mit der abgespeicherten entsprechenden Information verglichen wird und eine Plausibilitätsüberprüfung erfolgt.

45. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus mehreren ermittelten Informationswerten gleicher Art ein Mittelwert gebildet und abgespeichert wird.

46. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils einer bestimmten Gaspedalposition zugeordnete und abgespeicherte Motordrehzahl zumindest für den Anfahrvorgang in Abhängigkeit der Motortemperatur korrigiert wird.

47. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leerlaufdrehzahlmittlung bei offener Kupplung im Leerlauf oder eingelegtem Gang und/oder geschlossener Kupplung im Leerlauf und jeweils nicht betätigtem Gaspedal erfolgt. 5

48. Verfahren insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit eines plötzlichen Lastwechsels, wie Übergang von Zug- in Schubrichtung die Kupplung kurzzeitig schnell geöffnet wird, (um eine Haftphase im Nulldurchgang des Schlupfes zu verhindern). 10

49. Verfahren insbesondere nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit der Laständerung aufgrund der Geschwindigkeit der Änderung der Gaspedalstellung und/oder der Motordrehzahländerung detektiert wird. 15

50. Verfahren nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung zunächst bis zum Regeleingriffspunkt geöffnet wird und bei noch teilweise betätigtem Gaspedal auf den der Gaspedalposition entsprechenden Eingriffspunkt wieder geschlossen wird. 20

51. Verfahren nach Anspruch 48 oder folgende, dadurch gekennzeichnet, daß im Schubbetrieb und bei nichtbetätigtem Gaspedal die Kupplung bis zum Regeleingriffspunkt öffnet. 25

52. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anfahren nur im ersten Gang und/oder im zweiten Gang und im Rückwärtsgang möglich ist. 30

53. Verfahren insbesondere nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Gangschalten während der Fahrt die Kraftstoffzufuhreinrichtung auf die Leerlaufposition zurückgestellt wird, ohne daß der Fahrer seinen Fuß vom Gaspedal zu nehmen braucht, weiterhin die Kupplung geöffnet und nach erfolgtem Gangwechsel die Kupplung wieder definiert schließt und die Kraftstoffzufuhreinrichtung wieder auf die der jeweiligen Gaspedalstellung entsprechenden Position öffnet. 35 40

54. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aufgrund der ermittelten und abgespeicherten Wegmarken, wie Nullpunkt, Regeleingriffspunkt, Warteposition, der Verschleißzustand der Reibungskupplung überwacht und bei Erreichen eines Grenzwertes dieser angezeigt wird. 45 50

55. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aufgrund eines Schlupfes in der Reibungskupplung entstehende Energie ermittelt wird und bei Überschreiten eines Grenzwertes eine Meldung erfolgt und/oder der Kupplungseingriffszustand verändert wird. 55

56. Verfahren nach Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreitung des Grenzwertes die Kupplung zur Verringerung der entstehenden Reibungsenergie mit definierter Geschwindigkeit geschlossen oder geöffnet wird. 60

57. Verfahren nach Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des Grenzwertes ein selbsttätiger Gangwechsel empfohlen oder bei automatisiertem Getriebe selbsttätig erfolgt, zum Beispiel in den nächstunteren Gang. 65

58. Verfahren nach einem der Ansprüche 55 bis 57,

dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der in der Kupplung auftretenden Reibungsenergie das Produkt aus Schlupf und übertragenem Moment über die Zeit integriert wird.

59. Verfahren nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelte Reibungsenergie in definierten Zeitabständen um eine Abkühlkonstante verringert wird.

60. Verfahren zum Steuern einer automatisierten Rutschkupplung zum beziehungsweise während des Schaltens, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wie Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit der Betätigung des Ganghebels die Kupplung geöffnet, nach Einlegen des Ganges das definiert gesteuerte Schließen der Kupplung eingeleitet wird, indem in Abhängigkeit der Stellung des Gaspedales die Geschwindigkeit des Einrückvorganges regelbar ist.

61. Verfahren nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Einrückvorganges die Regelung der Kraftstoffzufuhr erfolgt.

62. Verfahren insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 61, dadurch gekennzeichnet, daß als Betätigungseinrichtung für die Kupplung ein hydraulisches, mengensteuerndes Proportionalventil (wie 4/3- oder 3/3-Wegeventil) vorgesehen ist.

63. Verfahren nach einem der Ansprüche 60 bis 62, dadurch gekennzeichnet, daß als Kupplungsbetätigungseinrichtung ein hydraulisches, volumenproportionales, in bezug auf die Kupplungsposition integrierendes Servoventil vorgesehen ist.

64. Verfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wie Anspruch 60 oder folgende, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung zum Schalten nur ausgerückt wird, wenn der Ganghebel in eine Richtung belastet oder bewegt wird, die der Belastung oder Bewegung des Hebels aus der eingelegten Gangposition in die nachfolgende oder vorangestellte Gangposition entspricht.

65. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal zum Öffnen der Kupplung der Kupplungsbetätigung zugeleitet wird in Abhängigkeit des eingelegten Ganges (Gangerkennungseinrichtung) und in Abhängigkeit der Betätigung oder Belastung des Ganghebels in eine Richtung der nächstfolgenden oder vorangestellten Gangstufe (Gangschaltabsichtserkennung).

66. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zum Steuern einer automatisierten Reibungskupplung, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mindestens einzelne der nachfolgend angeführten Schalt-, Meß- und Regeleinrichtungen sowie elektronische Einheit mit zumindest Rechner und Speicher, mit der wenigstens verbunden ist

a) eine Vorkehrung zur Erfassung der Motordrehzahl, zum Beispiel in Form eines die Zähne an der Schwungscheibe abtastenden Sensors

b) eine Vorkehrung zur Ermittlung der Getriebedrehzahl

c) eine Vorkehrung zum Messen des Kupplungsbetätigungsweges, zum Beispiel in Form eines den Weg des Kupplungsbetätigungsgliedes, wie zum Beispiel ein hydraulischer Nehmerzylinder, erfassenden Potentiometer

- d) eine Vorkehrung zur Erfassung der Stellung der Kraftstoffzufuhreinrichtung, zum Beispiel in Form eines die Drosselklappenstellung ermittelnden Potentiometers
- e) eine Vorkehrung zur Erfassung der Gaspedalstellung in Form zum Beispiel eines über das Gaspedal beeinflussbaren Potentiometers
- f) eine Einrichtung zur Ermittlung der Leerlaufstellung der Kraftstoffzufuhreinrichtung
- g) eine Vorkehrung zur Erkennung der Getriebebestellung mit Leerlauf- und Gangerkennung
- h) eine Vorkehrung zur Schaltabsichterkennung in Form zum Beispiel eines am Getriebeschalthebel vorgesehenen Sensors.
- i) eine Einrichtung zur Erkennung der Drosselklappenstellung
- j) eine Temperatur-Meßeinrichtung, wobei von der Elektronik zumindest steuerbar ist
- k) eine Kupplungsbetätigungseinrichtung, wie eine hydraulische Geber- und Nehmereinrichtung
- l) eine Antriebseinrichtung für die Veränderung der Drosselklappenstellung.
67. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Drehrichtungserkennung umfaßt.
68. Einrichtung nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtungserkennung mit der Getriebeeingangswelle zusammenwirkt.
69. Einrichtung nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtungserkennung mit einer Getriebezwischenwelle oder Getriebeabtriebswelle zusammenwirkt.
70. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 69, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Rollrichtungserkennung umfaßt.
71. Einrichtung nach einem der Ansprüche 67 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtungserkennung und die Rollrichtungserkennung eine Einheit bilden.
72. Einrichtung nach einem der Ansprüche 66 bis 71, dadurch gekennzeichnet, daß sie zusätzlich ein ABS-System umfaßt, das zur Rollrichtungserkennung herangezogen wird.
73. Regelung für das Übertragungsmoment einer Kupplung zwischen einem Motor und einem Getriebe, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 64, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- a) als Differenz der Motordrehzahl und der Getriebedrehzahl wird ein Ist-Schlupf ermittelt;
- b) ein Prozessor fragt periodisch Eingangsparmeter, wie Kupplungsweg, Drosselklappenstellung (Last), Motortemperatur und/oder Getriebebestellung, ab und ermittelt unter Abfrage gespeicherter Kennfelder einen Soll-Schlupf und charakteristische Regelfaktoren;
- c) aus dem Differenzwert von Soll-Schlupf und Ist-Schlupf wird in einer durch die Regelfaktoren gesteuerten Regelstrecke eine Stellgröße für den Kupplungsweg gebildet.
74. Regelung für das Übertragungsmoment einer Kupplung zwischen einem Motor und einem Getriebe, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- a) als Differenz der Motordrehzahl und der

- Getriebedrehzahl wird ein Ist-Schlupf ermittelt;
- b) ein Prozessor fragt periodisch Eingangsparmeter, wie Kupplungsweg, Drosselklappenstellung (Last), Motortemperatur und/oder Getriebebestellung, ab und ermittelt beim Auftreten eines Laständerungszustandes einen Kupplungssollweg und charakteristische Regelfaktoren;
- c) Der Kupplungsweg-Sollwert und der Kupplungsweg-Istwert werden miteinander verglichen und ein Stellwert für den Kupplungsweg gebildet.
75. Regelung nach Anspruch 72 oder 74, dadurch gekennzeichnet, daß zur Drehzahlmessung des Motors und/oder Getriebes die jeweiligen Zahnimpulse einen voreinstellbaren Zähler bereitstellen, daß hochfrequente Taktimpulse in diesem voreinstellbaren Zähler gezählt werden und daß die Ausgangsimpulse des voreinstellbaren Zählers ein drehzahlproportionales Tastverhältnis aufweisen.
76. Regelung nach Anspruch 75, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Voreinstellwert der Zähler für die Motortaktimpulse und der Zähler für die Getriebetaktimpulse unter Berücksichtigung der jeweiligen Zähnezahl im Sinne einer Normierung der Drehzahlwerte ausgewählt werden.
77. Regelung nach Anspruch 75 oder 76, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsimpulse des jeweiligen voreinstellbaren Zählers in einem drehzahlabhängigen Integrator (Fig. 5) zur Bildung einer drehzahlproportionalen Analogspannung integriert werden.
78. Regelung nach Anspruch 77, dadurch gekennzeichnet, daß der Integrator in Reihe zwei RC-Glieder und zwischen denselben einen durch die Ausgangsimpulse des voreinstellbaren Zählers gesteuerten elektronischen Schalter umfaßt.
79. Regelung nach Anspruch 78, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des Absolutwertes des Ist-Schlupfes ein Inverter, ein Schalter zur Umschaltung zwischen den Ist-Schlupf-Werten und dem Inverterausgang und einen Vergleichler zur Steuerung des Schalters umfaßt.
80. Regelung nach einem der Ansprüche 76 bis 79, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangswerte der Integratoren in einem Vergleichler zur Bildung eines Ist-Schlupfes verglichen werden.
81. Regelung nach einem der Ansprüche 73 bis 80, dadurch gekennzeichnet, daß die analogen Eingangsgrößen jeweils in einem A/D-Wandler in Digitalwerte umgewandelt werden, die als Eingangsgrößen zur Abfrage der Kennfelder dienen.
82. Regelung nach Anspruch 81, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor zur zeitgestaffelten Abfrage und Verarbeitung der Werte einen Multiplexer umfaßt.
83. Regelung nach einem der Ansprüche 73 bis 82, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsgrößen des Prozessors jeweils in einem D/A-Wandler in Analogwerte für Soll-Schlupf, Soll-Kupplungsweg sowie Regelkenngrößen umgewandelt werden.
84. Regelung nach Anspruch 82 oder 83, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Ist-Werten und Soll-Werten jeweils in einem Vergleichler ein Stellwert ermittelt wird.
85. Regelung nach einem der Ansprüche 81 bis 84, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Regelkreis zur

Verarbeitung eines Stellwertes einen elektronischen Schalter enthält, der durch Impulse mit gesteuertem Tastverhältnis entsprechend dem jeweiligen Kennfeldwert und der gewünschten Regelkennlinie ansteuerbar ist.

86. Regelung nach einem der Ansprüche 73 bis 85, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor zur Erkennung einer Schaltabsicht vorgesehen ist, der ein Schließen der Drosselklappe und die Regelung des Kupplungsweges bewirkt.

87. Regelung nach einem der Ansprüche 73 bis 86, dadurch gekennzeichnet, daß die Wegregelung für den Kupplungsweg einen Rückkoppelungsweig zur Begrenzung der Verstellgeschwindigkeit umfaßt.

88. Regelung nach einem der Ansprüche 73 bis 87, dadurch gekennzeichnet, daß in der Abstellphase des Motors durch völliges Einrücken der Kupplung der Nullpunkt für den Kupplungsweg bestimmt und in dem Kennfeld abgespeichert wird.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

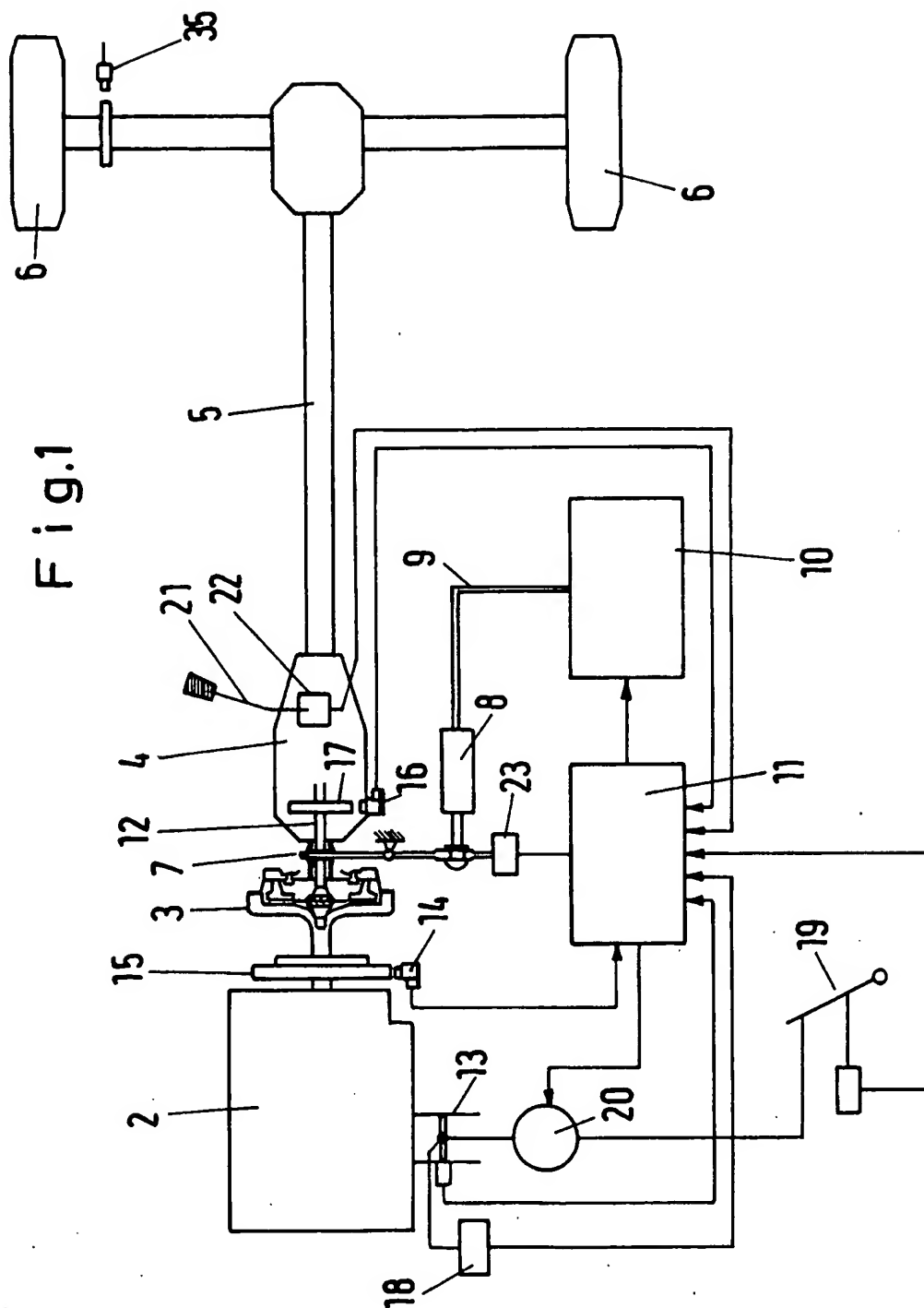
45

50

55

60

65





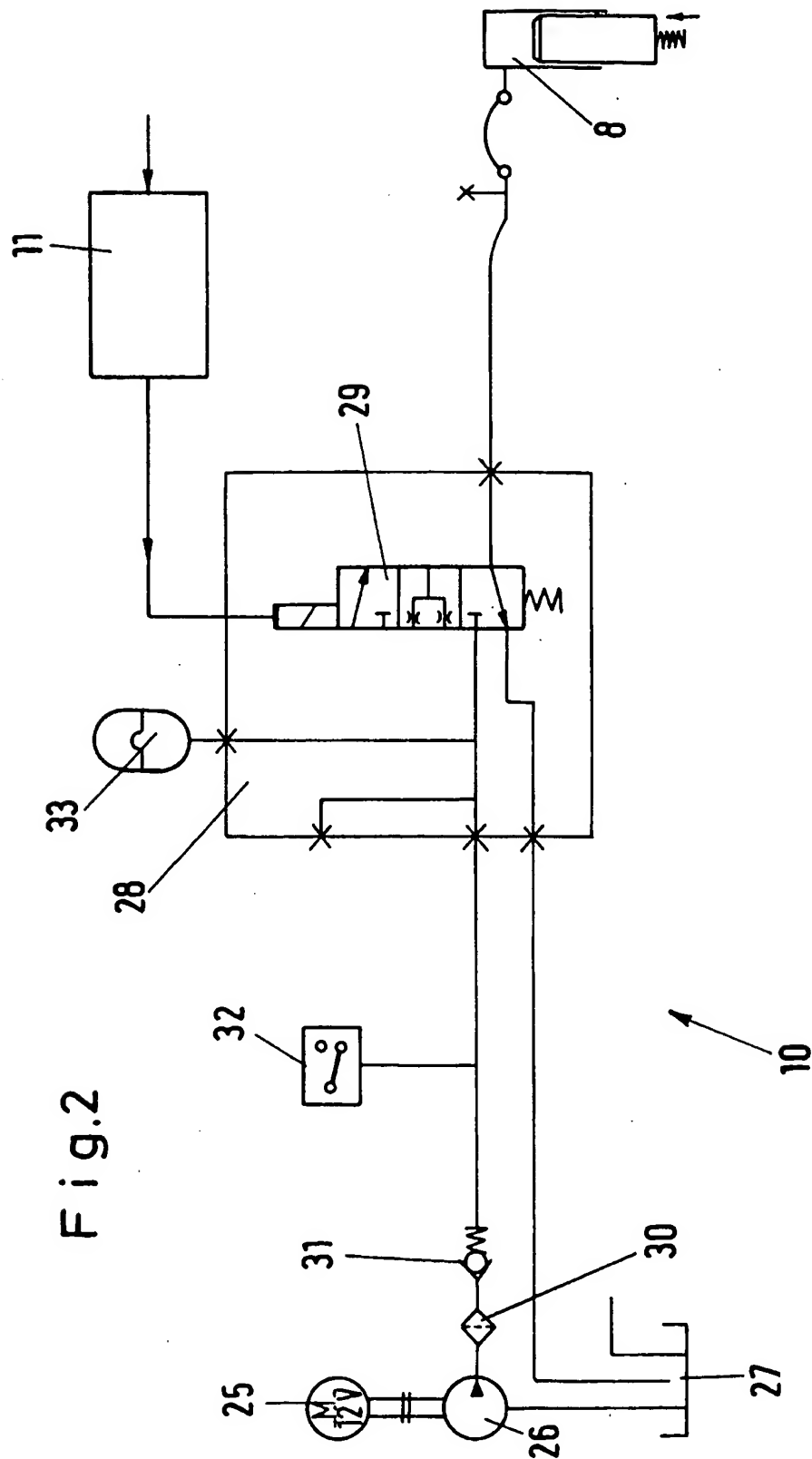


Fig.2

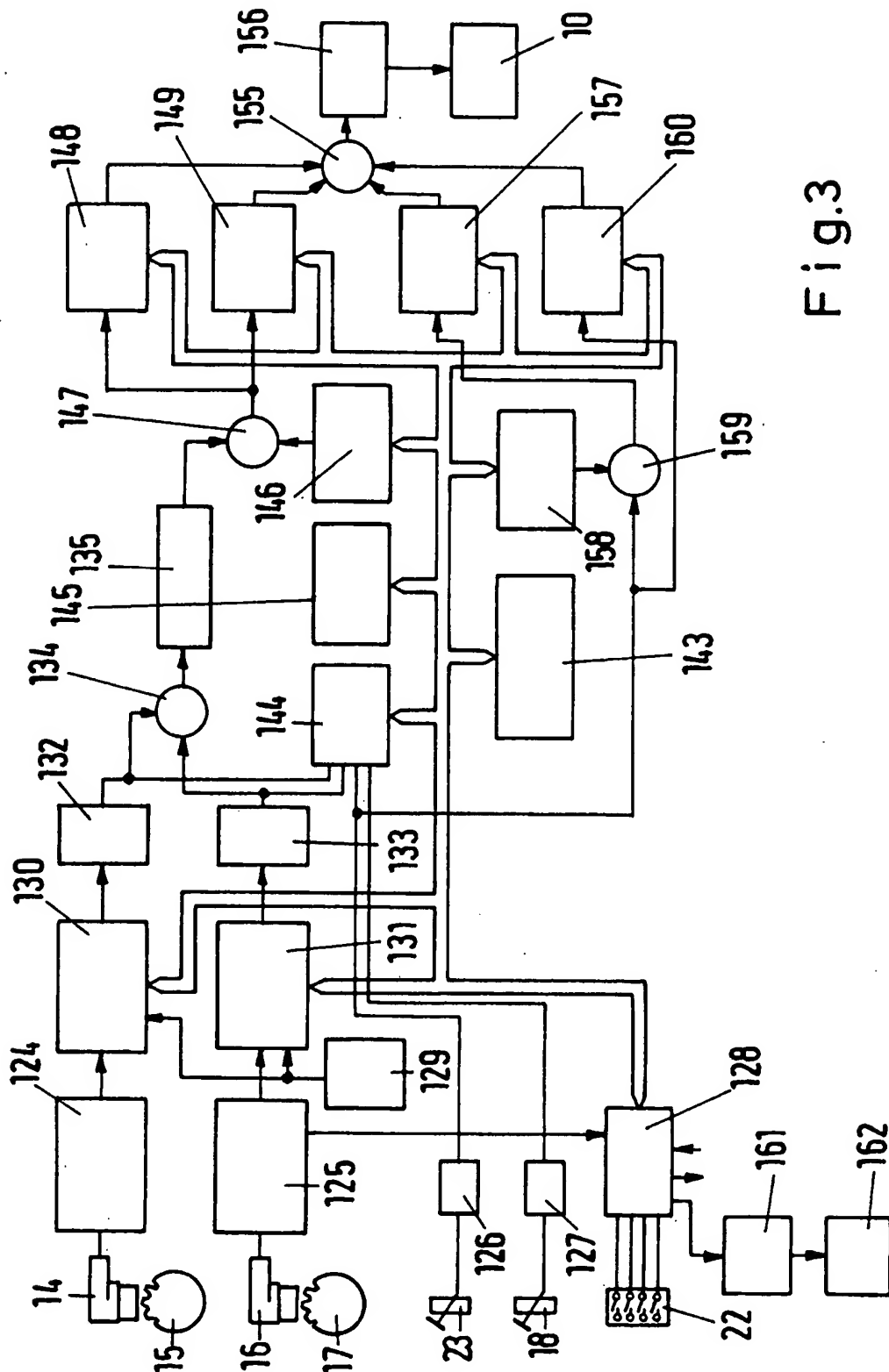


Fig.3

Fig. 4

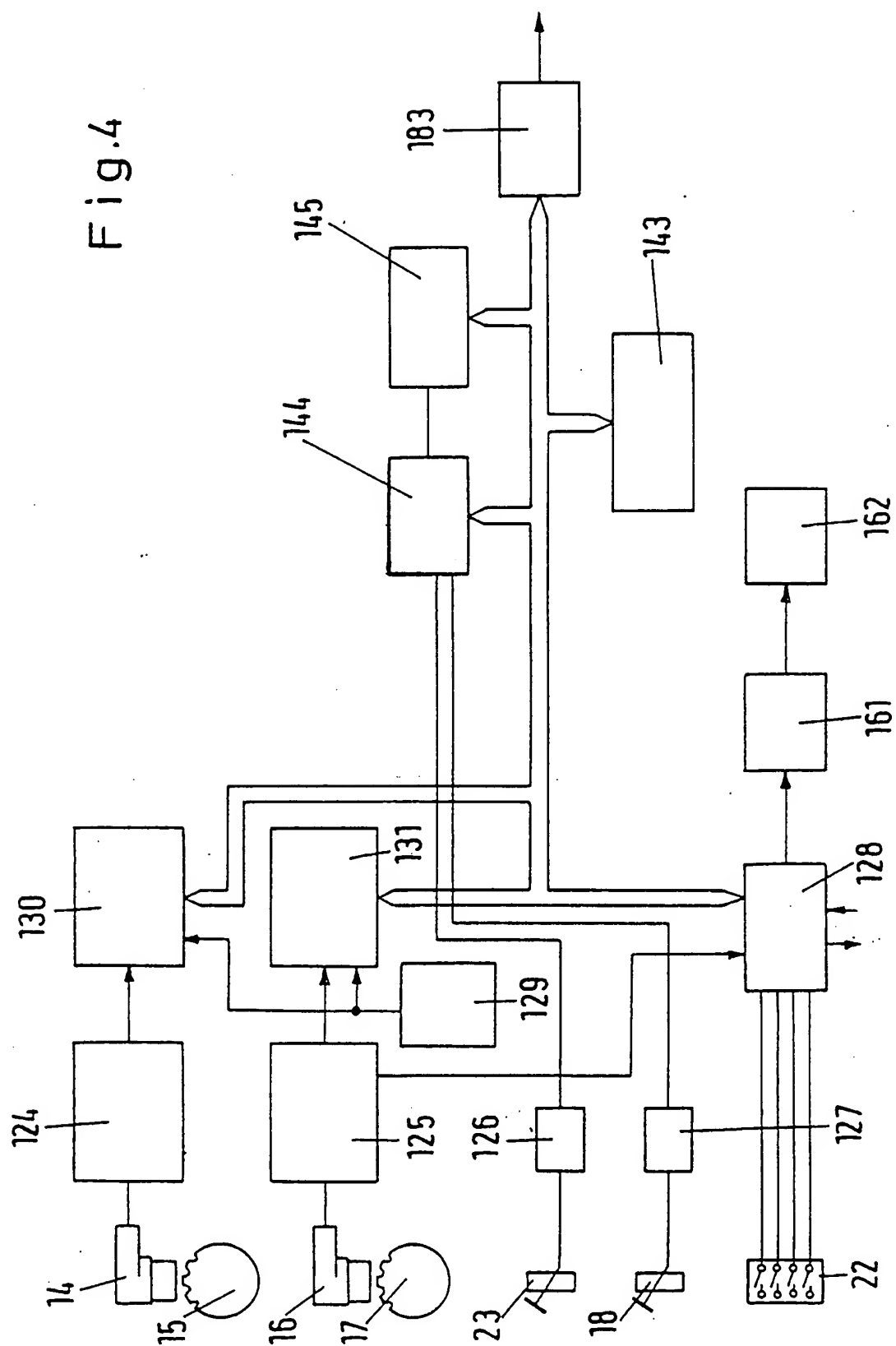


Fig.5

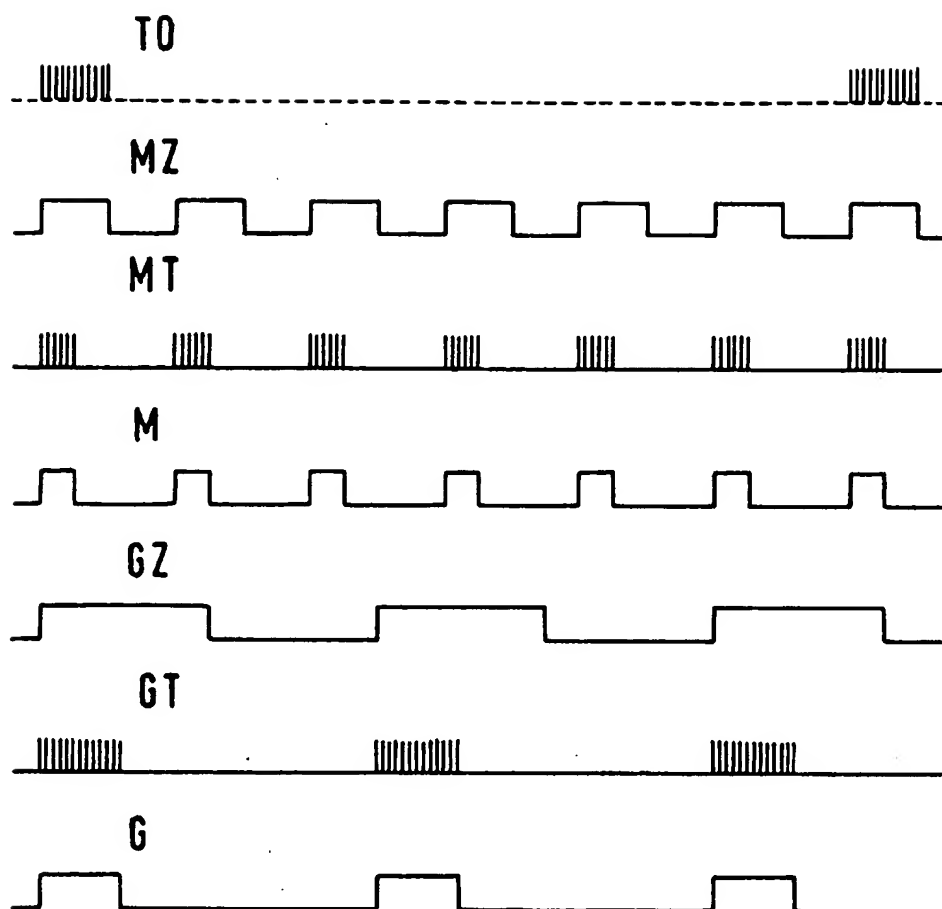


Fig.6

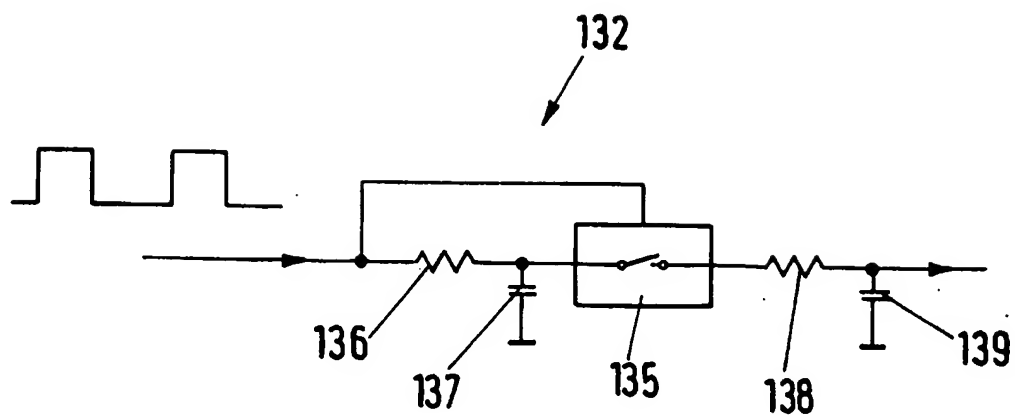
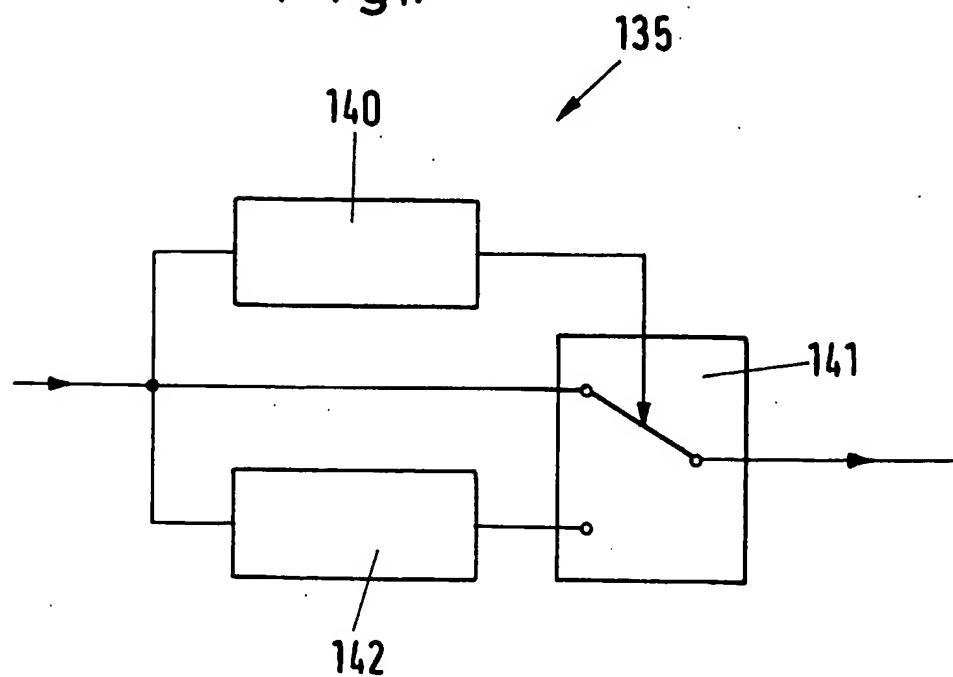
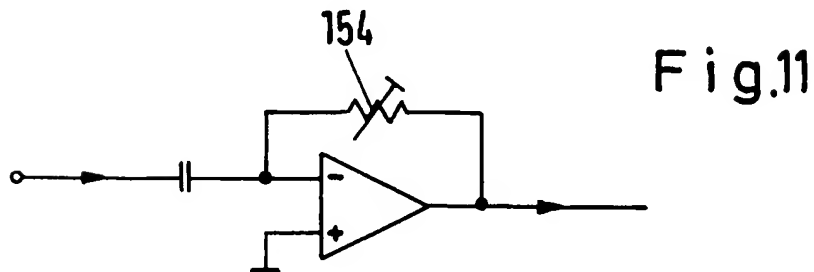
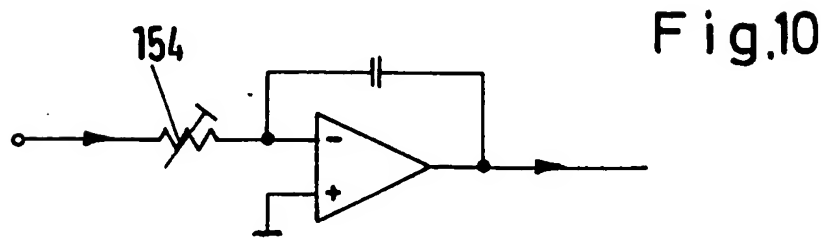
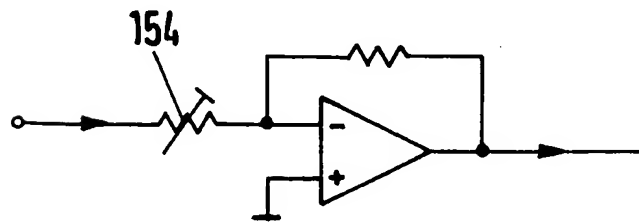
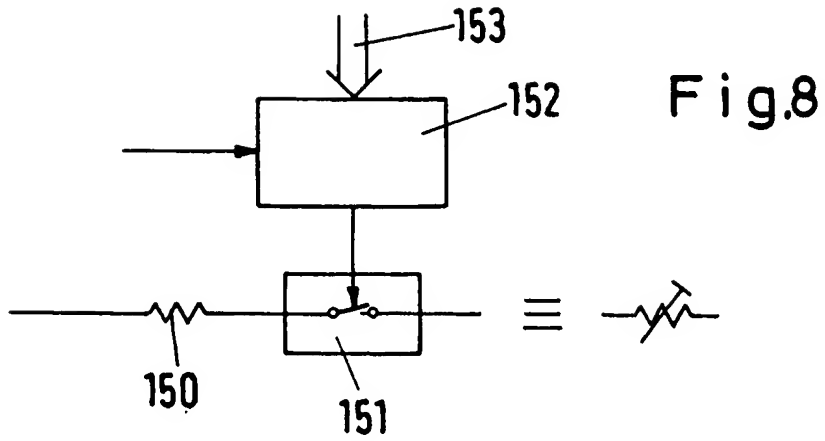


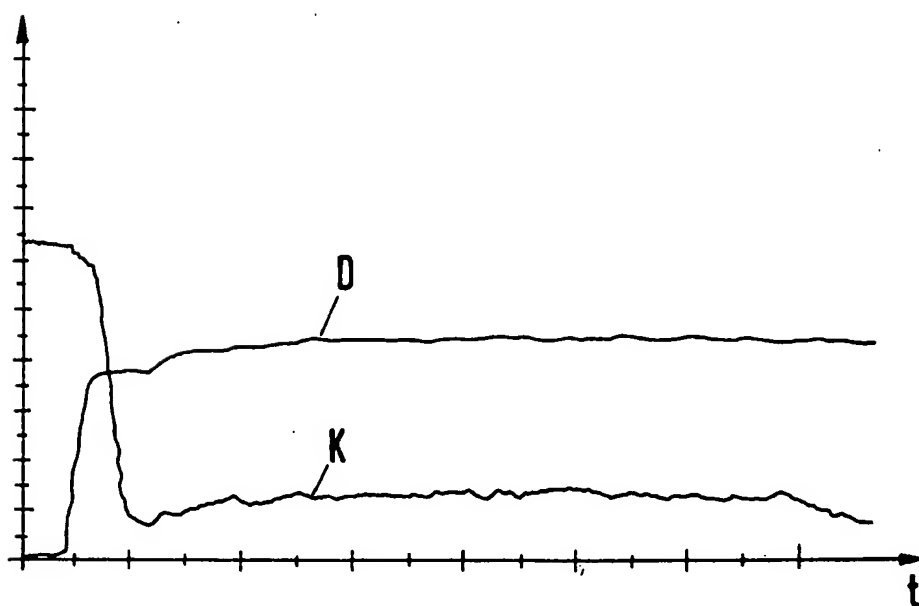
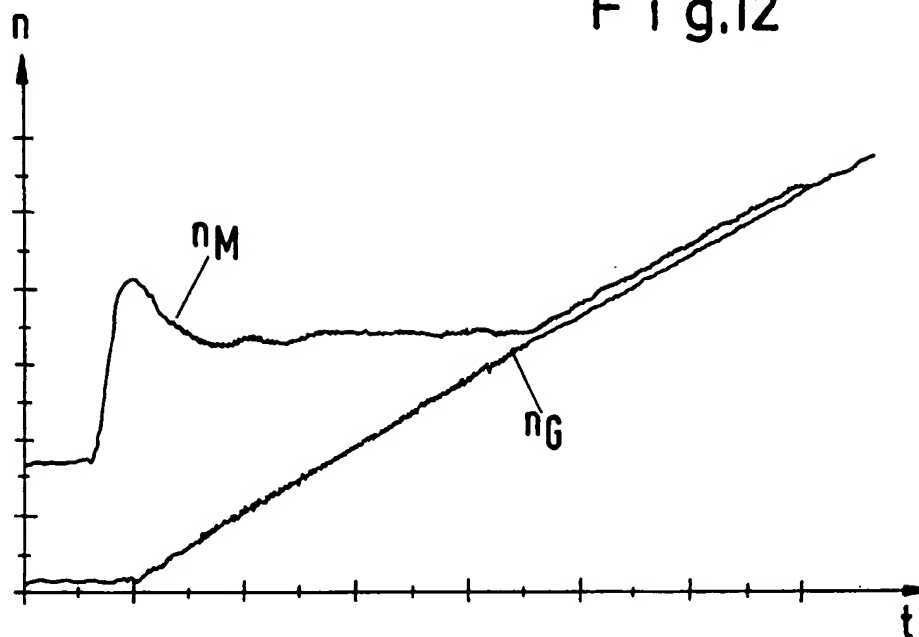
Fig.7



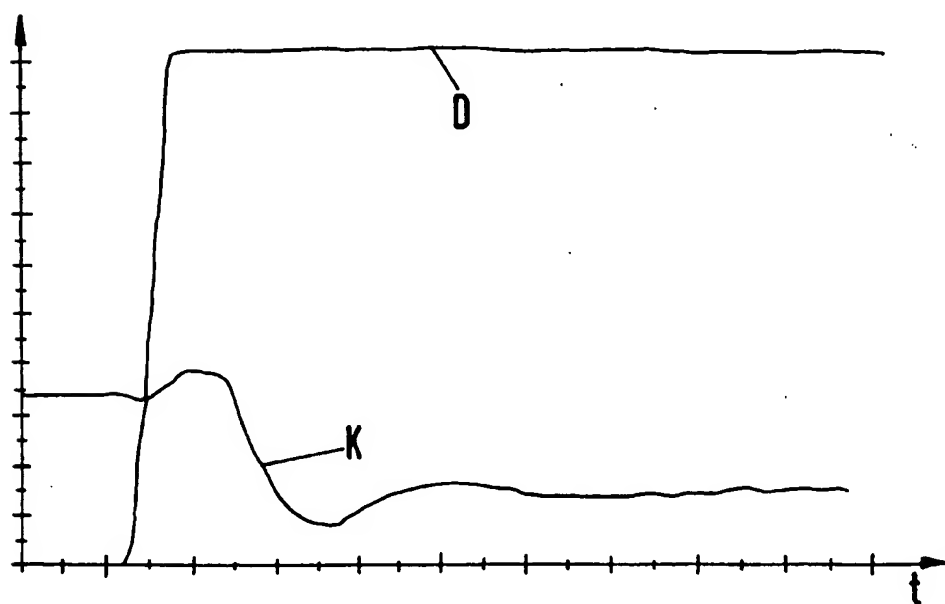
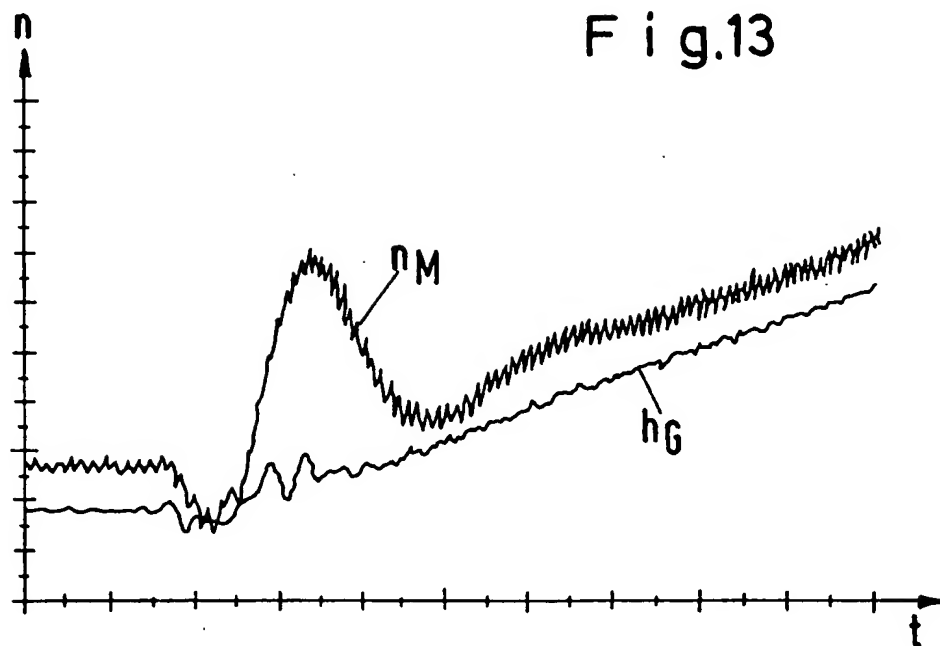




F i g.12



F i g.13



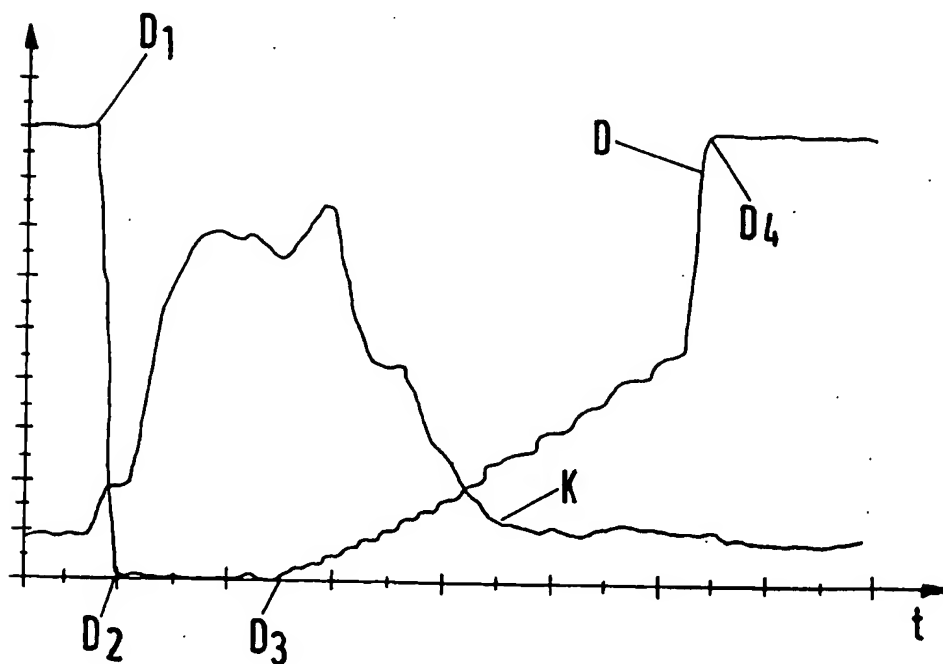
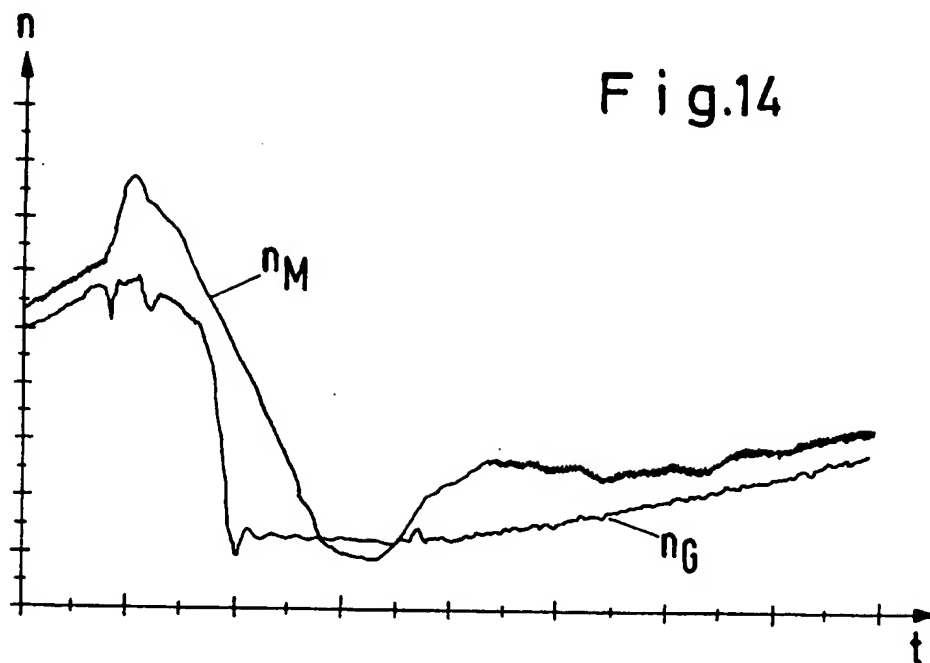


Fig.15

